COMPTES RENDUS

DES SÉANCES

DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 24 JUILLET 1882.

PRÉSIDENCE DE M. JAMIN.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

Nouvelles recherches sur la propagation des phénomènes explosifs dans les gaz; par MM. Berthelot et Vieille.

« Nous avons établi que les phénomènes explosifs, en se propageant dans les gaz, peuvent donner lieu à une véritable onde explosive, résultant de la transformation du milieu qui la propage et qui change à la fois de constitution chimique et de constitution physique (*Comptes rendus*, t. XCIV, p. 149, 101 et 822). Nous avons montré que cette onde se propage uniformément et que sa vitesse est indépendante de la pression, ainsi que du diamètre des tubes, au-dessus d'une certaine limite.

» Cette vitesse constitue dès lors, pour chaque mélange inflammable, une véritable constante spécifique, dont la connaissance offre un grand intérêt, au point de vue de la théorie du mouvement des gaz, comme à celui des applications à l'emploi des matières explosives. C'est pourquoi il nous a paru utile d'en approfondir l'étude, en opérant sur un grand nombre de mélanges de composition fort diverse.

» Chaque expérience a été répétée deux et trois fois; elle a été exécutée d'ordinaire dans un tube de caoutchouc, long de 40^m, d'un diamètre inté-

rieur de $0^m,005$ et d'une grande épaisseur (*voir* ce Recueil, t. XCIV, p. 104); le procédé d'enregistrement a été également décrit (p. 102). Les résultats obtenus sont distribués dans cinq tableaux, comprenant les cas les plus remarquables.

» Dans chacun de ces tableaux, la première colonne indique la composition du mélange initial; la deuxième, la densité des produits de la combustion, ρ, rapportée à celle de l'air prise comme unité; la troisième, le nombre, n, de volumes moléculaires des éléments supposés gazeux entrés en réaction, soit

$$n\left[22^{\text{lit}},32 \times \frac{H}{760} \times (1 + \alpha t)\right];$$

la quatrième, la chaleur, Q, dégagée par la réaction, l'eau étant supposée gazeuse; la cinquième, la racine carrée de cette quantité, $\sqrt{Q}$; la sixième, le quotient $\frac{Q}{n \times 6,8}$ (6,8 étant la constante des chaleurs spécifiques des éléments à pression constante), c'est-à-dire la température théorique, T, de la réaction; la septième, les valeurs théoriques, θ, de la vitesse moyenne de translation par seconde des molécules gazeuses dans les produits de la combustion, calculée pour la température T par la formule de Clausius: $29,354\sqrt{\frac{T}{\rho}}$ (*voir* ce Recueil, t. XCIV, p. 151); vitesse que nous nous proposons de comparer avec la vitesse expérimentale de l'onde explosive, V, laquelle est inscrite dans la huitième colonne.

» En réalité, la notion physique de la température T n'entre pas dans cette évaluation de la vitesse, et le calcul exprime uniquement ceci : que la force vive de translation des molécules du système gazeux, produit par la réaction et renfermant toute la chaleur développée par celle-ci, est proportionnelle à la force vive de translation du même système gazeux, contenant seulement la chaleur qu'il retient à zéro.

TABLEAU I. — Un seul gaz combustible associé a l'oxygène.

Nature du mélange.	Densité des produits ρ.	Nombre de volumes mol. des éléments n.	Chaleur de combustion (eau gazeuse) Q.	$\sqrt{Q}$.	$\frac{Q}{n \times 6,8}$ = T.	Vitesse théorique θ.	Vitesse trouvée par expérience V (par seconde).
Hydrogène $H^2 + O^2$.	0,622	1,5	59000^{cal}	243	5780°	2831^{m}	2810^{m} (1)

(1) *Comptes rendus*, t. XCIV, p. 104.

Nature du mélange.	Densité des produits ρ.	Nombre de volumes mol. des éléments n.	Chaleur de combustion (eau gazeuse) Q.	$\sqrt{Q}$.	$\frac{Q}{n \times 6,8} = T$.	Vitesse théorique θ.	Vitesse trouvée par expérience V (par seconde).
Oxyde de carbone $C^2O^2 + O^2$.	1,529	1,5	68200 cal	261	6700 °	1941 m	1089 (1) m
Acétylène $C^4H^2 + O^{10}$, ou $(\bar{C}H)^2 + \bar{O}^5$.	1,227	4,5	308100	555	10070	2660	2525 ; 2440 — 2482,5
Éthylène $C^4H^4 + O^{12}$, ou $(\bar{C}H^2)^2 + \bar{O}^6$.	1,075	6,0	321400	567	7880	2517	2186,6 ; 2232,4 — 2209,5
Méthyle $C^4H^6 + O^{14}$ ou $(\bar{C}H^3)^2 + \bar{O}^7$.	0,985	7,5	359300	598	7050	2483	2381,9 ; 2345,4 — 2363
Formène $C^2H^4 + O^8$, ou $(\bar{C}H^4)^2 + \bar{O}^8$.	0,924	4,5	193500	440	6320	2427	2313,2 ; 2260,0 — 2287
Cyanogène $C^4Az^2 + O^8$, ou $(\bar{C}Az)^2 + \bar{O}^4$.	1,343	4	262500	512	9650	2490	2195 (2)

» D'après les nombres de ce tableau, la vitesse théorique est très voisine de la vitesse trouvée pour l'hydrogène. Pour les carbures d'hydrogène et pour le cyanogène, cette vitesse théorique est un peu trop forte, les écarts étant compris entre 5 et 12 centièmes; c'est-à-dire que la formule conserve une valeur approchée. Pour l'oxyde de carbone, l'écart est bien plus grand et surpasse 40 centièmes; c'est-à-dire que la formule n'est pas applicable à ce gaz. On remarquera qu'elle demeure approchée, même pour les gaz formés avec absorption de chaleur et qui donnent lieu, dès lors, aux températures de combustion les plus élevées, tels que le cyanogène et l'acétylène. Elle l'est aussi, pour des rapports de volumes très divers entre les gaz combustibles et l'oxygène, tels que 2 : 5, 6, 7, 8 dans la série des hydrocarbures; et 2 : 1 pour l'hydrogène. Enfin elle l'est encore, pour des rapports de condensation très inégaux dans la combinaison, tels qu'une condensation du tiers (hydrogène), d'un septième (acétylène), l'absence de toute condensation (éthylène, formène, cyanogène), ou même une dilatation (méthyle). Dans le calcul de ces volumes, on suppose l'eau gazeuse; condition qui n'intervient pas pour le cyanogène.

---

(1) *Comptes rendus*, t. XCIV, p. 106.

(2) *Ibid.*, t. XCIV, p. 823.

» Il nous paraît dès lors établi que la formule proposée représente approximativement la vitesse de l'onde explosive pour les gaz hydrocarbonés; conclusion que l'on peut étendre au mélange de ces gaz avec l'hydrogène et même avec l'oxyde de carbone, comme on va le montrer, l'hydrogène communiquant à ce dernier mélange une loi de détonation analogue à la sienne.

TABLEAU II. — Deux gaz combustibles associés a l'oxygène.

Nature du mélange.	ρ.	n.	Q.	$\sqrt{Q}$.	$\frac{Q}{n \times 6,8} = T$.	Vitesse théorique θ.	Vitesse trouvée par expérience V.
			cal			m	m
Oxyde de carbone et hydrogène $C^2O^2 + H^2 + O^4$.	1,075	3	127200	357	6230	2236	2008
$2C^2O^2 + 3H^2 + O^{10}$ ...	0,985	7,5	313400	560	6150	2321	{2096; 2245} 2170
Éthylène et hydrogène $C^4H^4 + H^2 + O^{14}$.	0,985	7,5	380400	617	7460	2551	{2411,4; 2422} 2417
$C^4H^4 + 2H^2 + O^{16}$....	0,924	9	439400	663	7180	2588	{2671; 2487,5} 2579
Méthyle et hydrogène $C^4H^6 + H^2 + O^{16}$.	0,924	9	418300	647	6830	2522	{2184; 2227; 2339} 2250[1]

TABLEAU III. — Un gaz combustible associé a un gaz comburant composé.

Nature du mélange.	ρ.	n.	Q.	$\sqrt{Q}$.	T.	θ.	Vitesse trouvée V.
			cal				
1° Protoxyde d'azote et hydrogène $Az^2O^2 + H^2$.	0,796	2,5	79600	281	4680	2250	{2254; 2314} 2284
Oxyde de carbone $Az^2O^2 + C^2O^2$.	1,250	2,5	88800	298	5220	1897	{1102,5; 1110,6} 1106,5
Cyanogène $4Az^2O^2 + C^4Az^2$.	1,131	8	345000	587	6340	2198	2035,5
2° Bioxyde d'azote et cyanogène $4AzO^2 + C^4Az^2$.	1,194	6	349000	591	8550	2485	La détonation ne se propage pas dans le tube.

» Avec le protoxyde d'azote, la vitesse trouvée est voisine du chiffre théorique pour les mélanges renfermant de l'hydrogène ou du cyanogène. Pour l'oxyde de carbone, on retrouve la même anomalie qu'avec l'oxygène.

---

(1) Préparations différentes.

TABLEAU IV. — Mélanges isomères, c'est-à-dire tels que la composition du système final soit la même.

Nature du mélange.	ρ.	n.	Q.	$\sqrt{Q}$.	$\frac{Q}{n \times 6,8} = T$.	θ.	Vitesse trouvée V.
1er groupe. — Gaz combustibles hydrocarbonés et oxygène pur.							
1° Formène et mélanges isomères.							
$2(C^2H^4 + O^8)$......	0,924	9	387000	622	6320	2427	2287
$C^4H^6 + H^2 + O^{16}$....	0,924	9	418300	647	6830	2522	2250
$C^4H^4 + 2H^2 + O^{16}$...	0,924	9	439400	663	7180	2588	2579
2° Méthyle et mélanges isomères.							
$C^4H^6 + O^{14}$........	0,985	7,5	359300	598	7050	2483	2363
$C^4H^4 + H^2 + O^{14}$...	0,985	7,5	380400	617	7460	2551	2417
2e groupe. — Gaz hydrocarbonés, comparés aux mélanges hydroxycarbonés.							
3° Éthylène et mélange isomère.							
$C^4H^4 + O^{12}$........	1,075	6	321400	567	7880	2517	2219,5
$2(C^2O^2 + H^2 + O^6)$..	1,075	6	254400	504	6230	2236	2008
4° Méthyle et mélange isomère.							
$C^4H^6 + O^{14}$........	0,985	7,5	359300	598	7050	2483	2363
$2C^2O^2 + 3H^2 + O^{10}$.	0,985	7,5	313400	560	6150	2321	2170
5° Cyanogène mêlé d'azote et mélange isomère.							
$C^4Az^2 + Az^2 + O^8$...	1,250	5	262500	512	7720	2334	{ 2116,0 / 1971,2 } 2043,6
$2(C^2O^2 + Az^2 + O^2)$.	1,250	5	136400	370	4010	1661	1000? (1)
3e groupe. — Gaz comburants composés, comparés aux mélanges formés par l'oxygène pur.							
6° Hydrogène.							
{ $H^2 + Az^2O^2$......	0,796	2,5	79600	281	4680	2250	2284
{ $H^2 + Az^2 + O^2$....	0,796	2,5	59000	243	3470	1935	2121
7° Oxyde de carbone.							
{ $C^2O^2 + Az^2O^2$.....	1,250	2,5	88800	298	5220	1897	1106,5
{ $C^2O^2 + Az^2 + O^2$..	1,250	2,5	68200	261	4010	1661	1000? (1)

» Ces mélanges satisfont à la loi d'une manière approchée, sauf pour l'oxyde de carbone. Les mélanges isomères ont des vitesses généralement voisines. Ils permettent d'apprécier avec plus de précision l'influence

(1) La détonation ne se propage pas d'ordinaire. Cependant nous avons retrouvé dans nos notes ce chiffre, sans autre détail.

de la chaleur dégagée, Q, en éliminant l'influence de la densité de la chaleur spécifique des produits et même de la composition individuelle, qui sont les mêmes. Il suffit dès lors de diviser les vitesses trouvées par $\sqrt{Q}$. On obtient ainsi

1° 3,68, 3,48, 3,69; 2° 3,95, 3,92; 3° 3,91, 3,98; 4° 3,93, 3,88; 5° 3,99, 2,70; 6° 8,13; 8,73; 7° 3,67, 3,83.

» On voit que la coïncidence est en général plus marquée encore; à l'exception du groupe 5°, dans lequel on compare l'oxyde de carbone, qui ne satisfait pas à la relation générale, avec le cyanogène.

TABLEAU V. — Gaz combustibles, oxygène et gaz inertes.

Nature du mélange.	p.	n.	Q.	$\sqrt{Q}$.	T.	θ.	V trouvée.
Hydrogène et azote.							
$H^2 + O^2$	0,622	1,5	59000	243	5780	2831	2810
$H^2 + Az^2 + O^2$	0,796	2,5	59000	243	3470	1935	2121
0,30 H + 0,70 Air.	0,846	3,33	59000	243	2610	1820	1439
0,267 H + 0,733 Air.	0,868	3,8	59000	243	2287	1505	1201
0,233 H + 0,767 Air.	0,885	4,27	59000	243	2042	1409	1205
0,217 H + 0,783 Air.	0,895	4,56	59000	243	1903	1389	La détonation ne se propage pas.
Oxyde de carbone et azote.							
$C^2O^2 + O^2$	1,529	1,5	68200	261	6700	1941	1089
$C^2O^2 + Az^2 + O^2$	1,250	2,5	68200	261	4010	1661	1000? Propagation douteuse (1).
0,30 CO + 0,70 Air. .	1,165	4,33	68200	261	2260	1326	La détonation ne se propage pas.
Formène et azote.							
$C^2H^4 + O^8$	0,923	4,6	193500	440	6320	2427	2287
$C^2H^4 + 2Az^2 + O^8$ ...	0,942	6,5	193500	440	4378	2002	1858
$C^2H^4 + 4Az^2 + O^8$ ...	0,951	8,5	193500	440	3347	1744	1151
$C^2H^4 + 7{,}52\,Az^2 + O^8$ (Formène + Air)	0,958	12	193500	440	2371	1450	La détonation ne se propage pas.
Cyanogène et azote.							
$C^4Az^2 + O^8$	1,343	4	262500	512	9650	2490	2195
$C^4Az^2 + Az^2 + O^8$	1,250	5	262500	512	7720	2334	2044
$C^4Az^2 + 2Az^2 + O^8$ ..	1,194	6	262500	512	6430	2152	1234,7 / 1172,7 } 1203,3
$C^4Az^2 + 4Az^2 + O^8$ ..	1,127	8	262500	512	4825	1920	La détonation ne se propage pas.

(1) Nous n'avons pas réussi à propager la détonation dans les mélanges plus riches en azote. Le mélange $C^2O^2 + Az^2 + O^2$ lui-même est douteux (*voir* la note du tableau IV).

» Mêmes relations générales : sauf pour les mélanges qui touchent à la limite à laquelle la détonation cesse de se propager, tels que le mélange du cyanogène avec deux fois son volume d'azote, le mélange du formène avec quatre fois son volume d'azote, l'oxyde de carbone, etc. Avec l'hydrogène et un excès d'azote, il y a aussi un ralentissement très marqué.

» En somme, la vitesse de translation des molécules gazeuses, conservant la totalité de la force vive qui répond à la chaleur dégagée par la réaction, peut être regardée comme une limite représentant la vitesse maxima de propagation de l'onde explosive. Mais cette vitesse est diminuée par le contact des gaz et autres corps étrangers ; elle l'est également lorsque la masse enflammée au début est trop petite et trop rapidement refroidie par rayonnement ; elle l'est encore lorsque la vitesse élémentaire de la réaction chimique (*Essai de Mécanique chimique*, t. II, p. 14) est trop faible, comme il paraît arriver avec l'oxyde de carbone. Dans ces conditions, il y a ralentissement de l'onde, et celle-ci peut même cesser de se produire ; la combustion se propageant alors de proche en proche suivant une loi beaucoup plus lente. Nous reviendrons sur ce point de vue. »

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Séparation du gallium* [1].
Note de M. **Lecoq de Boisbaudran**.

« *Séparation d'avec le cobalt.* — Pour peu que la quantité de cobalt soit notable, la potasse caustique ne donne pas de très bons résultats, à cause de l'entraînement relativement considérable de la galline par l'oxyde précipité. On a vu, dans une Note antérieure, qu'avec le manganèse il suffit généralement de trois ou quatre traitements à la potasse bouillante pour obtenir une séparation satisfaisante du Ga^2O^3. Dans le cas actuel, on retrouve encore des traces sensibles de gallium dans l'oxyde successivement précipité cinq fois par un excès de potasse, et cela en opérant sur une liqueur contenant seulement $0^{gr},005$ de gallium contre 2^{gr} à 3^{gr} de CbO. Toutefois, après le septième traitement potassique, il ne reste plus de gallium dans l'oxyde de cobalt. Le procédé ne convient donc que pour enlever de faibles quantités de cobalt mêlées à beaucoup de gallium ; le petit précipité de CbO est ensuite débarrassé des dernières traces de galline par une des autres méthodes. Les liqueurs potassiques filtrées retiennent sou-

(1) *Comptes rendus*, juin 1882, p. 1625.

vent un peu de cobalt qui les teinte en bleu; l'exposition à l'air décolore ces solutions en un ou deux jours à froid, ou en une heure à chaud; il se dépose de l'oxyde brun de cobalt.

» Les carbonates de baryte et de chaux n'opèrent du premier coup qu'une séparation imparfaite de Ga et Cb. Même à froid, après un contact de six heures seulement, les précipités contiennent des quantités très notables d'oxyde de cobalt. Contrairement à ce qui arrive avec les sels de zinc, j'ai trouvé un peu plus de CbO dans le précipité par CaO, CO^2 que dans celui par BaO, CO^2. L'inconvénient de la précipitation d'une certaine quantité d'oxyde de cobalt en présence des carbonates de baryte et de chaux est atténué par la séparation qui s'opère naturellement entre Ga^2O^3 et CbO, lors de l'ébullition ammoniacale ou du traitement à l'hydrate cuivrique employés pour éliminer les sels de chaux et de baryte.

» Dans la réaction du CaO, CO^2 à chaud, après réduction sulfureuse, il se dépose aussi des quantités notables d'oxyde de cobalt, lesquelles néanmoins s'éliminent entièrement si l'on répète une ou deux fois l'opération et aussi lors de l'ébullition ammoniacale ou du traitement à l'hydrate cuivrique ayant pour but d'enlever la chaux.

» L'ébullition prolongée, après sursaturation ammoniacale, permet de séparer très convenablement Ga de Cb; il faut seulement opérer sur une liqueur très acide, afin de produire une quantité suffisante de chlorure d'ammonium, et avoir soin de faire préalablement bouillir pour détruire les persels de cobalt. On ne verse l'ammoniaque que pendant l'ébullition. Les sels de purpuréo-cobaltiaque, qui se forment parfois en petite quantité, sont dissous et entraînés par les eaux de lavage. La galline ainsi obtenue retient presque toujours des traces de cobalt, qu'on élimine en répétant le traitement.

» On arrive à d'excellents résultats au moyen : soit de l'hydrate cuivrique, soit du cuivre métallique et protoxyde de cuivre. Il reste cependant des traces sensibles de cobalt dans les premiers précipités cuivriques; on s'en débarrasse rapidement au moyen d'une, ou tout au plus de deux autres opérations semblables.

» *Séparation d'avec le nickel.* — L'oxyde de nickel, précipité par la potasse bouillante en excès, retient la galline avec encore plus d'énergie que ne le fait l'oxyde de cobalt. Pour une liqueur contenant $0^{gr},005$ de gallium et 2^{gr} à 3^{gr} de NiO, une très notable portion de la galline se retrouve dans le précipité après le septième traitement potassique. Ce procédé ne saurait donc être appliqué hors le cas d'une faible quantité de nickel mêlée à

beaucoup de gallium. L'oxyde de nickel gallifère serait ensuite analysé par un des autres procédés.

» Quand on a des mélanges contenant peu de galline et une masse importante de protoxydes, tels que CbO, NiO, MnO, ZnO, etc., il est presque toujours fort avantageux de commencer par précipiter à l'ébullition tout le Ga^2O^3, en même temps qu'une petite fraction des protoxydes, au moyen d'un alcali. La recherche du gallium devient ainsi plus facile, puisqu'elle porte sur une faible quantité de matière.

» L'action des carbonates de chaux et de baryte à froid, ainsi que celle de CaO, CO^2 à chaud après réduction sulfureuse, donnent lieu aux mêmes remarques que pour la séparation d'avec le cobalt. J'ai également trouvé un peu plus de NiO insolubilisé avec le CaO, CO^2 qu'avec le BaO, CO^2.

» Une bonne séparation s'obtient par l'ébullition ammoniacale. La liqueur chlorhydrique primitive doit être très acide. Surtout quand le nickel est abondant, le précipité contient des quantités non négligeables de NiO, dont on se débarrasse en appliquant de nouveau une ou deux fois le même procédé.

» L'hydrate cuivrique, ainsi que le cuivre métallique et le protoxyde de cuivre, sont d'excellents réactifs à employer. Les traces d'oxyde de nickel entraînées dans les précipités à la première opération s'éliminent aisément par un ou tout au plus deux autres traitements semblables.

» *Séparation d'avec le thallium.* — Elle ne réussit pas bien en précipitant la solution alcoolique par l'iodure de potassium ; il reste du thallium dans la liqueur filtrée et des traces sensibles de gallium dans le dépôt. Il n'est pas non plus avantageux de réduire le thallium à l'état métallique par une lame de zinc. On introduit ainsi dans l'analyse les impuretés si fréquemment contenues dans le zinc, et le thallium entraîne du gallium, à moins que la liqueur ne soit maintenue suffisamment acide; mais alors la précipitation du thallium est incomplète. Les huit procédés suivants sont recommandables, bien qu'à des degrés divers :

» 1° L'ébullition, après sursaturation ammoniacale, donne de bons résultats avec le sulfate, le chlorure (1) ou le nitrate peu acide de thallium. Il faut préalablement ramener les sels au minimum par l'addition de quelques gouttes d'une solution d'acide sulfureux. S'il reste de faibles traces de thallium dans le précipité, on les élimine entièrement, en répétant une

(1) Dans le cas du chlorure, le thallium doit être en assez faible quantité pour pouvoir se maintenir en solution.

fois l'ébullition ammoniacale; la galline obtenue ne donne alors au spectroscope aucun indice de la présence du thallium.

» 2° et 3° Les carbonates de chaux et de baryte précipitent la galline à froid sans insolubiliser de thallium, ou à peine de faibles traces qui disparaissent totalement par le fait des opérations destinées à enlever la chaux ou la baryte. Avant d'ajouter les carbonates terreux, on réduit la liqueur au moyen d'acide sulfureux.

» 4° Le CaO, CO^2 à chaud, après réduction sulfureuse, est d'un assez bon emploi. Il y a des traces sensibles de thallium dans le précipité, mais elles s'éliminent ultérieurement en même temps que la chaux.

» 5° et 6°. L'hydrate cuivrique, ainsi que le cuivre métallique et le protoxyde de cuivre, sont les meilleurs réactifs, car la galline se précipite très complètement sans entraîner trace de thallium. Quand on se sert d'hydrate cuivrique, les sels de thallium doivent d'abord être ramenés au minimum par l'acide sulfureux.

» 7° Si la quantité de thallium n'est pas trop considérable (de façon que le $TlCl$ reste dissous), on peut précipiter le gallium par le prussiate jaune de potasse, dans une liqueur chlorhydrique très acide, à la température d'environ 70°. Des traces de thallium souillent le dépôt qu'on reprend par un petit excès de potasse caustique; on ajoute à la liqueur alcaline quelques gouttes de sulfhydrate d'ammoniaque récemment préparé ([1]) et l'on filtre pour séparer le sulfure de thallium. La solution claire est évaporée à petit volume, sursaturée par un grand excès d'acide chlorhydrique et additionnée d'un peu de prussiate. Les traces très faibles de gallium entraînées par la petite quantité de Tl^2S recueillie sont généralement négligeables; au besoin, on les retirerait en suivant une des méthodes connues.

» 8° Le thallium peut enfin être précipité par le chlorure platinique d'une solution alcoolique, chargée d'acide chlorhydrique. Un courant prolongé d'hydrogène sulfuré enlève le platine contenu dans la liqueur, d'où l'on retire ensuite de la galline retenant seulement des traces de thallium. Le chloroplatinate, mis en suspension dans l'eau acidifiée par HCl, est traité par H^2S qui insolubilise le platine. Le sel de thallium obtenu ne contient pas de traces sensibles de gallium. »

([1]) Si le sulfhydrate, au lieu d'être nouveau et incolore, est ancien et jaune, on n'obtient plus le sulfure noir ordinaire de thallium, mais un sulfure rouge-feu ou rouge brun, devenant rapidement fort dense et se dissolvant en proportion très sensible dans un excès de sulfhydrate jaune d'ammoniaque.

M. C. **Jordan** fait hommage à l'Académie du premier Volume de son « Cours d'Analyse de l'École Polytechnique (Calcul différentiel) ».

MÉMOIRES LUS.

PHYSIOLOGIE. — *Des nerfs sympathiques dilatateurs des vaisseaux de la bouche et des lèvres.* Note de MM. **Dastre** et **Morat**.

« Nous avons annoncé (*Comptes rendus*, 16 et 30 août 1880) l'existence, dans le cordon cervical du grand sympathique, considéré jusqu'à ce moment comme le nerf constricteur vasculaire type, de filets antagonistes destinés à dilater les vaisseaux d'une région de la tête, la région bucco-faciale. Il nous restait à faire connaître nos expériences de contrôle et à signaler les circonstances physiologiques de l'action de ces nerfs :

» 1° On sectionne la moelle épinière à la région inférieure du cou. On excite le segment postérieur. On voit alors se produire une dilatation primitive des vaisseaux dans une grande partie de la tête, particulièrement dans la région de l'oreille et dans la région bucco-faciale, muqueuses nasale, palatine, gingivale, géniale, labiale et parties cutanées correspondantes.

» Ce résultat s'observe chez tous les animaux sur lesquels nous avons expérimenté : chat, lapin, chien, chèvre. Il s'accorde avec l'existence de nerfs dilatateurs partant de ce segment de moelle.

» 2° On découvre les deuxième, troisième, quatrième et cinquième racines dorsales ; après les avoir coupées et détachées de la moelle, on porte l'excitation sur le bout périphérique. Le résultat est encore la dilatation ; mais il ne s'observe que chez le chien, et il est plus circonscrit, limité à la région bucco-faciale du côté correspondant aux racines excitées. Cette épreuve révèle donc, dans ces racines, l'existence de filets vaso-dilatateurs pour la région bucco-faciale. Ces éléments naissent de la moelle, s'en éloignent : ce sont des nerfs centrifuges ou moteurs.

» Mais chaque racine est double. L'excitation de la racine antérieure seule détermine la vaso-dilatation. Ces vaso-dilatateurs rentrent donc dans la loi établie par Magendie ; ils sortent de la moelle par la même voie que tous les autres nerfs centrifuges.

» 3° On met à nu les rameaux communiquants qui vont des deuxième, troisième, quatrième et cinquième nerfs dorsaux à la chaîne du sympathique ;

on les coupe et l'on excite le bout qui remonte dans le sympathique du côté de la tête. Même résultat : vaso-dilatation de la région bucco-faciale.

» Les nerfs vaso-dilatateurs suivent donc la voie du sympathique pour aller à leur destination; il restait à les accompagner dans les rameaux que ce nerf envoie du côté de la face. Or,

» 4° L'excitation les manifeste dans les deux branches de l'anneau de Vieussens.

» 5° De là, on peut les suivre dans le cordon cervical, en tous ses points, quelque précaution que l'on prenne pour localiser l'excitation.

» Le sympathique mêle ensuite ses fibres à celles des nerfs craniens de la face et, en particulier, du trijumeau.

» 6° La comparaison des résultats obtenus par l'excitation du sympathique et celle du trijumeau montre que ce dernier reçoit du cordon cervical une notable partie des éléments dilatateurs qu'il contient. Ces nerfs moteurs d'une espèce particulière nous étant connus dans tout leur trajet, nous essayons de les mettre en jeu par un excitant moins artificiel que l'électricité :

» 7° Le sang, devenu asphyxique par la privation d'oxygène, est un excitant énergique du système nerveux, et principalement des centres encéphalo-rachidiens. Il provoque à l'activité les deux catégories de nerfs vaso-moteurs, et engendre des effets différents dans les différentes régions, suivant celle des catégories qui prédomine sur l'autre.

» Pour la région bucco-faciale, l'effet de l'asphyxie est la congestion. Si, d'un côté seulement, on interrompt la continuité du sympathique, la congestion est moindre, quelquefois nulle. La dilatation vasculaire asphyxique reconnaît donc pour un de ses facteurs importants le nerf que nous avons coupé, le sympathique.

» L'entrée en fonction de ces nerfs peut avoir pour cause initiale une excitation née sur place dans les centres ou venue de la périphérie. C'est ce dernier cas qui est le plus ordinaire; autrement dit, le mouvement que ces nerfs commandent est réflexe.

» De quelles régions de la périphérie vient l'excitation? Par quels nerfs sensitifs est-elle surtout apportée aux centres des vaso-dilatateurs buccaux ?

» Les expériences suivantes répondent à ces questions :

» 1° L'excitation du bout central du vague, isolé du sympathique dans la région inferieure du cou, provoque une vaso-dilatation primitive et bilatérale;

» 2° La vaso-dilatation cesse ou diminue considérablement du côté où le sympathique a été préalablement coupé;

» 3° La vaso-dilatation cesse de se produire des deux côtés, si l'animal est chloroformé jusqu'à résolution ou si la moelle cervicale a été coupée dans un point quelconque de son étendue;

» 4° La vaso-dilatation est surtout considérable quand on excite le nerf laryngé supérieur ou le tronc du vague jusqu'à la naissance des rameaux pulmonaires; elle est à peu près nulle quand l'excitation porte au-dessous de ce point ou bien sur les rameaux cardiaques.

» Les nerfs sensitifs viscéraux qui gouvernent ce réflexe proviennent donc surtout des organes de la respiration.

» 5° L'excitation du bout central du nerf sciatique produit aussi la congestion bucco-faciale. L'excitation du nerf tibial, et vraisemblablement des autres nerfs cutanés, a aussi le même résultat.

» 6° Après la section du cordon cervical sympathique, l'excitation réflexe et l'excitation asphyxique du centre déterminent encore un certain degré de vaso-dilatation bucco-faciale. Lorsque la section a été faite depuis un temps supérieur à celui qui est nécessaire pour la dégénérescence des nerfs, l'excitation du nerf maxillaire supérieur a encore pour effet la congestion amoindrie de la lèvre correspondante. Il faut conclure que tous les vaso-dilatateurs de ces régions ne sont pas contenus dans le cordon cervical.

» Il en est des vaso-dilatateurs buccaux comme des nerfs dilatateurs de la pupille, qui ont avec eux beaucoup d'analogies et qui ne sont que partiellement contenus dans le cordon cervical. »

MÉMOIRES PRÉSENTÉS.

MÉCANIQUE CÉLESTE. — *Théorie du mouvement diurne de l'axe du monde.* Mémoire de M. Folie, présenté par M. Faye. (Extrait par l'auteur.)

(Commissaires : MM. Bertrand, Serret, Daubrée, Tisserand.)

« L'étude du mouvement de l'axe du monde, dans l'hypothèse de la fluidité intérieure du globe, m'a amené à rechercher de plus près le mouvement diurne de cet axe, que je supposais devoir être sensible, si cette hypothèse était conforme à la réalité.

» En traitant cette question, je suis arrivé à intégrer complètement, sous forme finie, les équations différentielles du mouvement diurne dont

est affecté l'axe de la Terre, sous l'influence des actions du Soleil et de la Lune.

» J'ai été fort surpris, en traduisant mes formules en nombres, de trouver une précession et une nutation diurnes qui non seulement sont loin d'être insignifiantes, mais peuvent devenir sensibles à l'observation pour les circompolaires, *même en admettant que la Terre est solide à l'intérieur.*

» Dans une Note qui est en ce moment en transcription, je démontre que, dans cette dernière hypothèse, la nutation diurne, dont la période est de six heures, peut aller jusqu'à affecter de 0″,8 l'ascension droite de la polaire; et que de la précession diurne, dont la période est de trois heures seulement, il peut résulter dans l'ascension droite de λ Petite Ourse une variation de 0″,5.

» Je suis persuadé aujourd'hui que c'est à ce mouvement diurne, négligé par Laplace et Poisson, mouvement qui peut être amplifié si la Terre est fluide à l'intérieur, que sont dues les discordances entre les positions données par la *Connaissance des Temps* et par les autres éphémérides; et il m'est doux de pouvoir rendre, par ma théorie, à l'Astronomie française, un hommage bien mérité. »

CORRESPONDANCE.

M. le Secrétaire perpétuel signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance, le 6e fascicule du « Traité de Géologie » de M. *de Lapparent*.

S. M. don Pedro d'Alcantara, Empereur du Brésil, adresse, pour la Bibliothèque de l'Institut, le tome I des « Annales de l'Observatoire de Rio de Janeiro ». L'initiative de cette publication est due à M. *Liais*; la réalisation, à M. *Cruls*.

M. Faye présente, à ce sujet, les observations suivantes :

« L'Observatoire de Rio-Janeiro date de 1824; mais, annexé d'abord aux Écoles de Marine et de Guerre, il n'a guère été d'abord qu'un Observatoire d'exercice pour les élèves. Ce n'est qu'en 1870 que l'Empereur s'est décidé à en faire un établissement réellement scientifique.

» L'Empereur du Brésil a, en effet, compris de longue main le rôle qui est réservé à son beau pays dans le progrès général. Au point de vue astronomique, la capitale de son empire, à la limite sud de la zone équi-

noxiale, se trouve admirablement située pour toutes les observations qui doivent avoir pour théâtre la moitié australe du ciel, tandis que l'étude géodésique du vaste territoire brésilien est appelée à combler une grave lacune dans l'étude de la figure de la Terre.

» L'Observatoire de Rio, par la nature même de sa situation géographique, devait différer sensiblement de nos observatoires européens, placés sous des latitudes beaucoup plus élevées. En s'inspirant de cette condition, le directeur actuel, M. Liais, bien connu de l'Académie, a cherché à y introduire des instruments et des méthodes d'observation spéciaux.

» On ne pourra apprécier pleinement ces innovations qu'à l'époque où des observations suivies auront été faites et publiées. En attendant, on ne peut s'empêcher de reconnaître qu'il y a là plusieurs idées neuves fort habilement réalisées. Les astronomes accueilleront donc avec intérêt le beau volume où elles sont exposées, tout en regrettant que l'installation de ce vaste matériel, achevé ou en voie de préparation, doive être différée jusqu'au moment où un terrain convenable aura été concédé à l'Observatoire, dont l'emplacement actuel laisse à désirer.

» Comme déjà d'intéressantes observations y ont été faites, et à ce sujet nous rappellerons la part que l'Observatoire de Rio a prise à la recherche et à l'étude de comètes qui ont vivement excité l'intérêt public, nous en donnerons ici les coordonnées géographiques :

Longitude, à l'ouest de Greenwich.................	$2^h 52^m 41^s,41$
Latitude..	$-22°54'23'',09$

» Ces coordonnées se rapportent au pilier qui a servi à la Commission chargée, par l'*Hydrographic Office* des États-Unis, de déterminer télégraphiquement la différence de longitude entre New-York et Rio. Sa latitude a été déterminée, au cercle méridien, par M. Cruls, premier astronome.

» En terminant ce bref exposé, nous tenons à rendre hommage à notre éminent et respecté confrère dom Pedro d'Alcantara, l'initiateur de tous les progrès accomplis en ce demi-siècle dans cette partie du monde. »

ASTRONOMIE PHYSIQUE. — *Observations des taches et des facules solaires, faites à l'Observatoire royal du Collège romain, pendant le premier semestre de* 1882; par M. P. Tacchini.

« Le beau temps presque continu nous a permis d'accumuler un grand nombre de jours d'observation pendant l'hiver et le printemps derniers,

savoir : 25 en janvier, 25 en février, 26 en mars, 21 en avril, 17 en mai et 25 en juin. Voici les résultats :

Premier trimestre.	1882. Janvier.	Février.	Mars.
Fréquence relative des taches	15,12	28,40	26,96
Fréquence des jours sans tache	0,00	0,00	0,00
Grandeur relative des taches	24,68	42,64	52,59
Grandeur relative des facules	82,29	56,43	62,23
Nombre des groupes de taches par jour	4,00	5,44	5,58

» En comparant ces données avec les résultats relatifs au quatrième trimestre de 1881 (¹), on voit qu'au mois de janvier correspond un minimum secondaire des taches, aussi bien au point de vue de la fréquence qu'au point de vue de la grandeur relative. Les facules, au contraire, sont assez nombreuses au commencement du trimestre; on observe d'ailleurs assez souvent, dans la période d'activité, qu'à l'absence des taches correspond un plus grand nombre de facules pendant ce trimestre : on n'a trouvé qu'un seul jour sans taches.

Deuxième trimestre.	1882. Avril.	Mai.	Juin.
Fréquence relative des taches	31,62	18,26	19,92
Fréquence des jours sans tache	0,00	0,00	0,00
Grandeur relative des taches	147,10	60,65	36,48
Grandeur relative des facules	79,75	95,85	71,25
Nombre des groupes de taches par jour	6,62	4,33	3,32

» La grandeur relative des taches et le nombre des groupes par jour ont augmenté depuis le commencement de l'année jusqu'en avril; depuis, les nombres diminuent rapidement. De même, dans ce deuxième trimestre, on ne trouve pas un seul jour sans tache, ce qui prouve, avec la fréquence plus grande des taches, que l'activité solaire a augmenté, et que le maximum aura probablement lieu cette année. La période d'une demi-rotation solaire apparaît, d'une manière suffisamment claire, dans la série des observations relatives aux maxima et minima secondaires des taches, exception faite de la période comprise entre le 11 mars et le 18 avril, où le minimum disparaît, à cause de l'activité solaire presque continue, dans l'intervalle qui comprend les grandes taches visibles à l'œil nu. »

(¹) *Comptes rendus*, t. XCIV, p. 830.

ASTRONOMIE. — *Latitudes des groupes de taches solaires en 1881.*
Note de M. A. **Ricco**, présentée par M. Janssen.

« En 1881, on a observé 258 groupes ou formations de taches et trous, dont 82 n'ont jamais présenté que des trous; ce qui donne, par jour, les moyennes respectives 0,71 et 0,22.

» On a aussi les moyennes suivantes :

Latitudes de tous les groupes...........................	{ +19°,9 { −19°,2
Durée d'un groupe (dans la demi-rotation visible)............	$5^j,8$
Durée d'un groupe de trous seulement......................	$1^j,8$
Nombre le plus grand des taches (aire > 0,00001 du disque) dans un groupe..	2,5

» De ces groupes, 16 ont reparu dans l'hémisphère boréal (après une ou même deux rotations), 10 dans l'hémisphère austral, ce qui indique une plus grande durée des groupes de l'hémisphère nord.

» Des variations de la latitude des groupes, d'une rotation à la suivante, il résulte constamment que les groupes des latitudes inférieures à 15° se sont déplacés vers l'équateur, et que les groupes des latitudes supérieures à 15° se sont déplacés vers les pôles.

» Dans presque tous les groupes que l'on a observés pendant plusieurs rotations, on trouve que le nombre des taches composantes a été plus grand aux premières rotations, ce qui prouve que le développement des groupes est plus rapide que leur disparition.

» La distribution des groupes aux latitudes diverses est la suivante : dans l'hémisphère nord, on a eu 132 groupes compris entre + 7° et + 29°, c'est-à-dire dans une zone de 22°, avec un maximum à + 20°. Dans l'hémisphère sud, on a eu 126 groupes compris entre — 3° et — 33°, c'est-à-dire dans une bande de 30°, bien plus large que la zone boréale, avec un maximum à — 18°, plus fort et plus accentué que le maximum boréal.

» Il est à remarquer que les centres des deux bandes de taches tombent à la même latitude, — 18°.

» Entre ces deux bandes, il y en a une troisième sans taches et même sans trous, dont la largeur est de 10°, avec le centre à + 2°.

» Les groupes de l'hémisphère nord sont plus riches en taches et plus durables que ceux de l'hémisphère sud.

» Les groupes les plus riches en taches et les plus durables se sont

formés aux latitudes des maxima précédents, excepté dans l'hémisphère nord, où la plus grande durée a été celle des groupes appartenant aux latitudes les plus basses.

» Les observations n'ayant subi que deux interruptions de cinq jours en décembre, une de trois en janvier, quelques autres de deux ou d'un seulement, il est probable que bien peu de groupes ont échappé aux observations. »

ASTRONOMIE. — *Sur l'orbite de Japhet.* Note de M. A. **Hall.**

« L'orbite de Japhet, le satellite extérieur de Saturne, présente quelques particularités intéressantes qui ont été discutées par Laplace, dans la *Mécanique céleste*, t. IV, ch. XVII. Dans ces derniers temps, M. Tisserand a entrepris de nouvelles recherches sur cette orbite, et il a mis à profit des données d'observations plus précises que celles qui avaient servi à Laplace; il a pu déterminer ainsi un nouveau système d'éléments qui ont été publiés dans les *Comptes rendus* (décembre 1876, p. 1269).

» La variation séculaire de la longitude du nœud donne une variation annuelle d'environ 3'; mais ce nombre dépend des actions combinées du Soleil, de l'anneau, de l'aplatissement de Saturne et des autres satellites.

» Il est peut-être difficile aujourd'hui de séparer ces forces perturbatrices; mais il est intéressant de chercher à déterminer les éléments de l'orbite de Japhet, en partant des observations du siècle dernier; car, en comparant ces éléments avec ceux déduits des observations récentes, on en conclura la variation du nœud d'une manière indépendante.

» Lalande attachait beaucoup d'intérêt à ce satellite, et, à ce qu'il semble, c'est sur sa demande que des observations en ont été faites en 1787 par Bernard à Marseille, et en 1789 par William Herschel. Les observations de Bernard ont été publiées par Lalande dans les *Mémoires de l'Académie des Sciences* pour 1786, et je dois à M. Stephan, directeur de l'Observatoire de Marseille, une copie complète du Mémoire de Lalande qui contient ces observations. Les observations de W. Herschel, en 1789, ont été publiées dans les *Transactions philosophiques de la Société Royale de Londres*, 1790 (p. 432-438). Mais ces dernières observations sont si vagues qu'on ne peut guère en tirer de résultats utiles, et je ne me suis servi que de l'observation du 20 septembre 1789, que j'ai combinée avec mes propres observations de 1880 et 1881 pour en déduire le temps périodique du satellite.

» Les observations de Bernard paraissent avoir été faites avec beaucoup

de soin, et, à première vue, on pourrait espérer en tirer un bon système d'éléments pour 1787, mais il se présente une difficulté pour bien comprendre le sens des nombres publiés par Lalande, et il serait très désirable de retrouver et de publier le manuscrit de Bernard pour lever cette difficulté.

» Bernard a observé les différences d'ascension droite, et aussi les distances à la ligne des anses de l'anneau, et la difficulté consiste à savoir ce qu'il entend par les nombres donnés dans la colonne : *Distance à la ligne des anses, le diamètre de Saturne étant* 20″ (*Mémoires de l'Académie des Sciences,* 1786, p. 377). J'ai supposé que ces distances étaient mesurées perpendiculairement à la ligne des anses, et, en partant des éléments de l'anneau donnés par Bessel, j'ai calculé les différences de déclinaison par la formule

$$(1) \qquad \Delta\delta = \Delta\alpha \operatorname{tang} p - d \operatorname{séc} p,$$

$\Delta\alpha$ désignant la différence d'ascension droite, d la distance donnée à la ligne des anses, et p l'angle formé par cette ligne des anses avec le mouvement diurne.

» Mais cette supposition donne, pour le grand axe de l'orbite apparente du satellite, une position telle que l'inclinaison de l'orbite réelle sur l'écliptique serait tout à fait erronée; c'est cependant cette supposition qui paraît avoir été faite par Lalande, qui a déduit des élongations du 4 août et du 8 septembre 1787 les deux valeurs suivantes pour l'inclinaison : 24° 48′ et 24° 45′, valeurs qui sont bien d'accord entre elles, mais qui sont réellement en erreur de 6° environ. Cette valeur erronée de l'inclinaison a été adoptée par Laplace (*Mécanique céleste,* t. IV, p. 181).

» J'ai fait d'autres hypothèses sur le sens des nombres publiés dans la colonne mentionnée ci-dessus, mais je ne suis arrivé à aucun résultat satisfaisant, et j'espère qu'on pourra trouver les explications cherchées dans les Archives de l'Académie des Sciences, ou dans celles de l'Observatoire de Paris.

» La Table suivante donne la réduction des observations de Bernard, et leur comparaison avec les éléments adoptés. Le nœud et l'inclinaison de l'orbite ont été empruntés à M. Tisserand, et l'on a appliqué à la longitude du nœud la variation annuelle de — 2′54″. Les ascensions droites et les déclinaisons géocentriques apparentes de Saturne, ainsi que les logarithmes des distances à la Terre, ont été calculés avec les Tables de Le Verrier pour Saturne, de deux en deux jours, pendant la durée des observations de Bernard. La première colonne donne le temps moyen de Paris, pour

l'observation, corrigé de l'aberration, la longitude de l'Observatoire de Bernard étant supposée, d'après M. Stephan, de $0^m 12^s,7$, à l'est de Paris.

» La deuxième colonne donne la différence d'ascension droite, réduite à la distance moyenne de Saturne au Soleil. La troisième donne le résidu pour $\Delta\alpha$ (calcul-observation); l'anomalie moyenne du satellite a été déterminée de manière à vérifier les observations des 22 et 23 août. Il serait intéressant de savoir si Bernard a observé le premier bord de la planète, ou son centre.

» La quatrième colonne donne la valeur calculée de la différence de déclinaison, et la dernière contient la différence trouvée entre le calcul et l'observation, en tenant compte de la formule (1). Il y a lieu d'espérer qu'on retrouvera le manuscrit de Bernard; il serait intéressant de voir si Lalande a publié les observations telles qu'il les a reçues, ou s'il en a changé la forme pour la publication.

Date 1787.	Temps moyen de Paris.	$\Delta\alpha$.	Résidu (C — O).	$\Delta\delta$ calculé.	$\Delta\delta$ observé.
Juillet	19,4357	$-150'',22$	$-10'',80$	$-11'',90$	$-3'',35$
»	22,4367	$-258,69$	$-11,90$	$-14,81$	$+7,34$
»	23,4159	$-292,46$	$-10,97$	$-15,54$	$+11,34$
»	24,4160	$-319,37$	$-15,88$	$-16,17$	$+14,97$
»	25,4299	$-353,02$	$-12,48$	$-16,66$	$+14,27$
»	26,4452	$-379,85$	$-13,61$	$-17,01$	$+22,02$
»	27,3953	$-406,65$	$-10,82$	$-17,21$	$+23,65$
»	28,3904	$-426,63$	$-13,56$	$-17,30$	$+22,18$
Août	1,3988	$-495,15$	$-8,59$	$-16,17$	$+29,80$
»	3,3925	$-512,15$	$-5,08$	$-14,77$	$+22,33$
»	4,3938	$-515,55$	$-3,65$	$-13,87$	$+22,71$
»	5,4063	$-515,25$	$-2,59$	$-12,84$	$+20,15$
»	6,4118	$-511,62$	$-1,60$	$-11,70$	$+23,18$
»	7,4062	$-501,28$	$-4,10$	$-10,46$	$+18,57$
»	9,3949	$-475,04$	$-5,20$	$-7,97$	$+20,67$
»	11,3975	$-436,61$	$-5,90$	$-4,62$	$+21,30$
»	12,4183	$-416,32$	$-2,45$	$-2,98$	$+21,49$
»	13,4154	$-389,33$	$-3,44$	$-1,04$	$+21,72$
»	14,4222	$-362,39$	$-1,52$	$+0,34$	$+20,26$
»	22,3717	$-67,05$	$-0,50$	$+12,62$	$+14,09$
»	23,3348	$-26,82$	$-0,03$	$+13,77$	$+11,79$
»	29,3759	$+234,90$	$-13,53$	$+18,14$	$-4,12$
»	31,3588	$+295,47$	$-1,97$	$+18,32$	$-8,37$
Septembre	1,2960	$+329,16$	$-4,25$	$+18,18$	$-9,90$

Date 1787.	Temps moyen de Paris.	Δα.	Résidu (C — O).	Δδ calculé.	Δδ observé.
Septembre.........	3,3767	+389″,93	— 2″,68	+17″,33	—13″,04
»	7,3792	+485,00	—11,79	+13,78	—20,38
»	8,2956	+498,74	—12,88	+12,65	—22,09
»	9,2856	+512,53	—16,14	+11,32	—23,80
»	12,3764	+522,61	—14,60	+ 6,51	»
»	13,2789	+527,45	—22,15	+ 4,94	»
Octobre.............	6,2430	—166,34	—16,97	—23,36	— 5,22
»	9,3826	—278,44	—16,17	—22,19	— 6,81
»	16,2149	—464,10	— 6,29	—15,00	— 7,33
»	19,3927	—501,77	— 8,68	— 9,98	+11,04
»	20,1939	—509,49	— 6,26	— 8,61	+14,15
»	21,2110	—510,29	— 9,32	— 6,82	+15,97
»	22,2025	—511,11	— 9,13	— 5,04	+17,80
»	25,2513	—492,28	—10,43	+ 0,55	+18,05

MÉCANIQUE CÉLESTE. — *Solution rapide du problème de Kepler.* Note de M. CH.-V. ZENGER.

« On connaît la difficulté et le grand nombre de réductions requises pour calculer l'anomalie vraie des planètes, au moyen de leur anomalie moyenne, par l'équation de Kepler

$$\text{(I)} \qquad \mathrm{E} - e \sin \mathrm{E} = m(\mathrm{T} - t) = \mathrm{F},$$

où E représente l'anomalie vraie, e l'excentricité d'orbite, m le mouvement diurne moyen, T le temps du périhélie et t le temps pour lequel on cherche l'anomalie vraie de la planète.

» Pour évaluer rapidement l'anomalie vraie, on peut partir de la supposition que la différence E — F soit très petite, à cause de la faible excentricité des orbites planétaires.

» Nous aurons alors

$$\mathrm{E} - \mathrm{F} = e \sin \mathrm{E},$$

$$\sin(\mathrm{E} - \mathrm{F}) + \tfrac{1}{6} \sin^3(\mathrm{E} - \mathrm{F}) + \tfrac{3}{40} \sin^5(\mathrm{E} - \mathrm{F}) + \ldots = e \sin \mathrm{E},$$

d'où

$$\text{(II)} \qquad \frac{\sin(\mathrm{E} - \mathrm{F})}{\sin \mathrm{E}} \left[1 + \tfrac{1}{6} \sin^2(\mathrm{E} - \mathrm{F}) + \tfrac{3}{40} \sin^4(\mathrm{E} - \mathrm{F}) + \ldots = e, \right.$$

$$\text{(III)} \qquad (\cos \mathrm{F} - \sin \mathrm{F} \cos \mathrm{E}) = \frac{e}{1 + \frac{1}{6} \sin^2(\mathrm{E} - \mathrm{F}) + \frac{3}{40} \sin^4(\mathrm{E} - \mathrm{F}) + \ldots}.$$

» On comprend aisément que la différence maximum angulaire possible est

$$E - F = e\omega.$$

» Remplaçons pour le premier rapprochement $E - F$ par $e\omega$, et nous aurons

$$\text{(IV)} \qquad \cos F - \sin F \cos E = \frac{e}{1 + \frac{1}{6}\sin^2(e\omega) + \frac{3}{40}\sin^4(e\omega) + \dots},$$

$$\text{(V)} \qquad \cos F - \cos E = \frac{e \operatorname{coséc} F}{1 + \frac{1}{6}\sin^2(e\omega) + \frac{3}{40}\sin^4(e\omega) + \dots}.$$

» La valeur $e\omega$ n'étant que l'excentricité exprimée en secondes d'arc et connue, on peut trouver la valeur de l'anomalie vraie approchée par l'équation

$$\text{(VI)} \qquad \cos E = \cos F - \frac{e \operatorname{coséc} F}{1 + \frac{1}{6}\sin^2(e\omega) + \frac{3}{40}\sin^4(e\omega) + \dots}.$$

» C'est ainsi qu'on trouve la première valeur de E, déjà approchée à quelques minutes près.

» En mettant le calcul de l'anomalie vraie de Mars, fait par Mädler, en parallèle avec la méthode proposée, on voit combien son emploi peut épargner de calculs.

Anomalie vraie de Mars calculée, d'après la méthode des rapprochements, par Mädler et par Zenger.

» On cherche l'anomalie vraie de Mars le 24 avril 1840, à $13^h 25^m 15^s,0$.

		j h m s
Temps du périhélie de Mars....	$T = 1840$, janvier	8. 9.44. 0,0
Temps d'anomalie vraie.......	$t = 1840$, avril	24.13.25.15,0
	$T - t$.........	107. 3.41.15,0

Mouvement moyen diurne...... $m = \dfrac{360°}{686,97964} = 0°31'26'',519$

$$m(T - t) = F = 56°9'7'',4,$$
$$e\omega = 5°20'27'',04.$$

Excentricité de l'orbite de Mars.................. $e = 0,0932618.$

D'après Mädler :

$E = 60^\circ$.

$\log \sin 60^\circ$	9,9375306
$\log e\omega$	4,2839195
	$4,2214501 = \log 16651'',33$
$E - e\omega \sin E$ ..	$60^\circ - 4^\circ 37' 31'',33 = 55^\circ.22'.28'',67$
	$F_0 = 56.\ 9.\ 7,40$
	$\Delta F = -\ 0.46.38,75$

D'après Zenger :

$$\cos E = 0,670645 - \frac{0,0932168}{0,8305\left(1 + \frac{\sin^2 5^\circ 20',45}{6} + \frac{\sin^4 5^\circ 20',45}{13,3}\right)},$$

$$\cos E = 0,670645 - \frac{0,0932168}{1,001452 \times 0,8305}$$

$$= 0,670645 - 0,111355,$$

$\cos E = 0,559290,$

$\log \cos E = 9,74764,$

$E = 60^\circ 46', 90 = 60^\circ 46' 54'', 0,$

$\log e\omega''$	4,28392
$\log \sin E$	9,94090
	$4,22482 = \log 16781'',0$
E	$60^\circ.46'.54'',0$
$e\omega \sin E$	4.39.41,0
F'	56. 7.13,0
F_0	56. 9. 7,4
ΔF	0. 1.54,4

» On voit que l'erreur du premier rapprochement de Mädler par rapport à celui que fournit la méthode de Zenger est de $\frac{46,65}{1,91} = 24$ fois plus petite.

» Mädler a trouvé finalement

$$E_0 = 60^\circ 48' 53'',78,$$

ce qui donne

$$dE = -0^\circ 1' 59'',78.$$

On voit que l'erreur dans l'anomalie vraie est à peu près semblable à l'erreur de la valeur de l'angle F, d'où l'on peut conclure que la valeur de E doit être augmentée de cette différence, soit

$$E + \Delta F = 60^\circ 46' 54'', 0 + 0^\circ 1' 54'', 4 = 60^\circ 48' 48'', 0,$$

et cette valeur ne diffère de celle qui a été trouvée par trois rapprochements successifs,

$$E_0 = 60^\circ 48' 53'',78,$$

que de

$$\Delta E' = -0^\circ 0' 5'',78.$$

» Mais le second rapprochement de Mädler est évalué comme suit :

$$E = 60^{\circ}50'.$$

log sin E.	9,9411166
log $e\omega$.	4,2839195
	4,2250361 = log 16789″,43
60°50′ — 4°59′49″,43.	56°.10′.10″,57
F.	56. 9. 7, 4
ΔF.	0. 1. 3,17

tandis que $\Delta E = + 0^{\circ}1'6'',22$, d'où il suit que l'erreur de la méthode de Mädler est $\frac{66'',22}{5'',78} = 11,5$ fois plus grande que l'erreur du deuxième rapprochement, d'après la méthode de Zenger.

» C'est ainsi qu'on peut, par la substitution successive de valeurs corrigées de la différence angulaire E — F, par deux calculs de rapprochement, s'approcher avec plus de rapidité de la valeur vraie qu'on ne le peut avec la plupart des autres méthodes, car la voie est méthodique ; au lieu de la substitution arbitraire de Mädler, on cherche la correction par la formule même de Kepler.

» Cette méthode peut aussi s'appliquer aisément, et avec grand avantage, quand il s'agit de calculer des séries d'anomalies vraies, où des valeurs de corrections $1 + \frac{\sin^2(E-F)}{6} + \frac{3}{40}\,\frac{\sin^4(E-F)}{6}$ peuvent être considérées dans de certaines limites comme des constantes, et l'on n'a pas besoin de les calculer plusieurs fois pour la série de temps t, t_1, ..., t_n, si la différence $t_n - t$ n'est pas trop grande. »

ÉLECTROCHIMIE. — *Sur le travail chimique produit par la pile.* Note de M. D. TOMMASI.

« *Couple à acide chromique et à acide sulfurique mélangés* (¹). — Ce couple dégagerait, d'après Favre, $117^{cal},3$ (²), mais $62^{cal},5$ seraient seulement trans-

(¹) Ce couple se compose d'un vase extérieur en verre contenant un zinc amalgamé plongeant dans l'eau acidulée par SO^4H^2 et d'un vase poreux contenant le mélange suivant : acide chromique, 25^{gr}; eau, 50^{cc}; acide sulfurique, 10^{cc}.

(²) L'exactitude de ce chiffre n'a pas pu être contrôlée par le calcul, car un certain nombre de données thermiques font défaut.

missibles au circuit. Il en résulterait donc qu'un seul couple à acide chromique ne devrait pas décomposer l'eau acidulée par l'acide sulfurique.

» En fait, si l'électrode positive de cet élément est en platine, l'eau n'est pas décomposée ; mais, si l'électrode est en charbon ou en mousse de platine, il y a électrolyse. La réaction chimique produite à l'intérieur de ce couple étant toujours la même, j'ai cherché à déterminer approximativement, au moyen de l'électrolyse, quel est le nombre de calories transmissibles au circuit par le couple à acide chromique, suivant que son électrode positive est en platine, en charbon ou en mousse de platine.

» (*a*) *Couple à acide chromique avec électrode en platine.* — Ce couple, comme on vient de le voir, ne décompose pas l'eau acidulée par l'acide sulfurique si les électrodes du voltamètre sont en platine [C = 69] [1], mais la décomposition de l'eau a lieu si l'électrode positive du voltamètre est en argent (C = 49). Un couple à acide chromique et un couple Regnault [2] décomposent l'eau avec les électrodes du voltamètre en platine (C = 69).

» Un couple à acide chromique décompose l'eau contenue dans deux voltamètres, si les deux électrodes positives sont l'une en argent et l'autre en cuivre (C = 62). Il résulte de ces expériences que la force électromotrice de ce couple doit être comprise entre 62^{cal} et 69^{cal}. Supposons, en effet, que la force électromotrice du couple à acide chromique avec l'électrode en platine soit égale à 65^{cal}, nous aurons :

$65^{cal} < 69^{cal} E_{+Pt}^{-Pt}$ [3] .... Pas de décomposition.

$65^{cal} > 49^{cal} E_{+Ag}^{-Pt}$ .... Il y a décomposition

$65^{cal} + 16^{cal},6$ [4] $> 69^{cal} E_{+Pt}^{-Pt}$ .... »

$65^{cal} > 62^{cal} E_{-Pt}^{+Ag} + E_{+Cu}^{-Pt}$ .... »

» On voit par là que le nombre de calories transmissibles au circuit $62^{cal},5$, donné par Fabre, se rapproche assez de celui que j'ai trouvé en suivant une voie toute différente. C'est un fait singulier que de voir un couple qui dégage $117^{cal},3$ n'en transmettre au circuit, sous forme d'énergie électrique, que tout au plus 70 ou 72 ; car, autrement, il devrait décomposer l'eau acidulée par l'acide sulfurique. Je reviendrai sur cette

---

[1] C = calories absorbées par l'électrolyte.

[2] Ce couple se compose d'un zinc et d'un cadmium, chaque métal plongé dans son propre sulfate. Sa force électromotrice est égale à $16^{cal},6$.

[3] E = nature des électrodes du voltamètre à eau acidulée par SO^4H^2.

[4] Couple zinc-cadmium.

question lorsque je parlerai du couple à eau oxygénée, qui présente aussi cette anomalie.

» (*b*) *Couple à acide chromique avec électrode en charbon.* — L'eau du voltamètre étant acidulée par l'acide sulfurique, il y a électrolyse avec les systèmes suivants : $E^{-Pt}_{+Pt} = 69^{cal}$ et $E^{-Pt}_{+Pt} + E^{-Pt}_{+Cu} = 82^{cal}$.

» Ce couple, associé à un élément zinc-platine et acide sulfurique dilué ($C = 38,7$), devrait décomposer le système suivant si réellement sa force électromotrice était égale à $117^{cal},3$; $E^{-Pt}_{+Pt} + E^{-Pt}_{+Pt} + E^{-Pt}_{+Cu} = 151^{cal}$.

» En effet, $117^{cal},3 + 38^{cal},7 > 151^{cal}$; cependant il n'y a pas d'électrolyse.

» Supposons maintenant que la force électromotrice du couple à acide chromique soit égale, par exemple, à 85^{cal}; dans ce cas, ce couple, associé à un élément Daniell ($C = 49$) et à un élément Regnault ($C = 16^{cal},6$), ne doit pas décomposer le système; $E^{-Pt}_{+Pt} + E^{-Pt}_{+Pt} + E^{-Pt}_{+Cu} = 151^{cal}$; puisque

$$\underbrace{85^{cal} + 49^{cal} + 16^{cal},6}_{150^{cal},6} < 151^{cal},$$

et c'est précisément ce qui a lieu. Mais un couple à acide chromique et un élément Regnault doivent décomposer et décomposent en effet le système suivant :

$$E^{-Pt}_{+Cu} + E^{-Pt}_{+Pt} + E^{-Pt}_{+Cu} = 95^{cal}, \quad \text{car} \quad 85^{cal} + 16^{cal},6 > 95^{cal}.$$

» Ces quelques expériences montrent que la force électromotrice du couple à acide chromique, avec électrode en charbon, ne doit pas être inférieure à 82^{cal}, ni supérieure à 90^{cal}, et que, par conséquent, on peut admettre, pour ce couple, le nombre 85^{cal} comme représentant *à peu près* sa force électromotrice.

» (*c*) *Couple à acide chromique avec électrode en mousse de platine.* — Le travail chimique produit par ce couple est sensiblement égal à celui qui est engendré par le couple précédent, aussi sa force électromotrice doit-elle être évaluée à environ 8^{cal}. On voit par là que l'état physique du platine influe notablement sur la force électromotrice du couple dans lequel il entre comme électrode positive. Pour le moment, je ne puis développer cette question, sur laquelle je me propose d'ailleurs de revenir prochainement.

» Il résulte donc de ces expériences :

» 1° Que le couple à acide chromique, tel que Favre l'a employé, c'est

à-dire, ayant son électrode positive en platine, ne produit qu'un travail chimique extérieur égal environ à 65^{cal};

2° Qu'en substituant au platine, dans ce même couple, le charbon ou la mousse de platine, on peut rendre transmissibles au circuit 85^{cal} environ, soit 20^{cal} en plus du couple précédent.

» Si maintenant on compare les forces électromotrices de couples à acide chromique, déterminées à l'aide de procédés physiques, on trouve, suivant la nature de l'électrode positive, les valeurs suivantes [1] :

Charbon = 1,574, Platine = 0,977, Cuivre = 0,961, Mousse de platine = ?

» La diminution de la force électromotrice que l'on observe dans le couple à acide chromique avec électrode en cuivre tient à ce que ce métal, étant attaqué par le mélange d'acide chromique et d'acide sulfurique, même si le circuit est ouvert, donne lieu à un courant en sens inverse du premier. Quant à la force électromotrice du couple à acide chromique avec électrode en mousse de platine, elle n'a pas encore été déterminée; mais on peut prévoir, d'après ce que j'ai dit, qu'elle sera supérieure à la force électromotrice des couples à acide chromique avec électrode en platine et probablement assez rapprochée de la force électromotrice du couple à acide chromique avec électrode en charbon. »

PHYSIQUE. — *Sur la variation du frottement produite par la polarisation voltaïque.* Note de M. **Krouchkoll**, présentée par M. Jamin.

« L'électromotographe de M. Edison a attiré l'attention des physiciens sur un fait nouveau : celui de la variation que subit le frottement d'une surface métallique contre un électrolyte lorsque, entre les deux corps frottants, on fait passer un courant. M. Koch a publié, en 1879, un travail [2] où il montre que la polarisation par l'oxygène altère la surface frottante de platine ou de palladium, de manière à augmenter le frottement. La polarisation par l'hydrogène ne produirait, d'après cet auteur, aucun effet.

» J'ai repris ces expériences en me plaçant dans des conditions différentes, et je suis parvenu à faire voir que la polarisation par l'oxygène

---

(1) Ces valeurs ont été données par M. Clarke pour le mélange suivant : bichromate de potasse, 3 parties; acide sulfurique, 4 parties; eau, 18.

(2) *Annales de Wiedemann*, n° 9, p. 92; 1879.

augmente le frottement, tandis que la polarisation par l'hydrogène le diminue.

» L'appareil dont je me sers se compose d'un cristallisoir au fond duquel est fixée une glace polie. Il est placé sur un plateau horizontal, tournant autour de son axe vertical sous l'action d'une petite machine Gramme, animée par deux bunsens. Un frotteur, formé d'une série de petits balais de platine, fixés dans de l'ébonite, frotte contre la glace pendant la rotation du plateau, et tend à entraîner l'aiguille d'une balance sensible à laquelle il est attaché. Le cristallisoir contient une certaine quantité d'eau acidulée au cinquième (par l'acide sulfurique) qui mouille les balais; ceux-ci sont mis en communication avec le pôle d'un élément de pile. Afin de faire porter toute la polarisation sur les balais du frotteur, je prends comme autre électrode une tige de cuivre plongeant dans du sulfate de cuivre : une telle électrode, d'après les expériences de M. Lippmann, est impolarisable. (Le sulfate de cuivre est mis dans un vase poreux, contenu lui-même dans un second vase poreux renfermant de l'eau et baignant dans le liquide du cristallisoir.) On met en marche l'appareil et l'on équilibre la balance. Il est alors facile de constater par l'inclinaison de celle-ci que la polarisation par l'oxygène augmente le frottement et que la polarisation par l'hydrogène le fait diminuer.

» Il suffit d'une force électromotrice d'un demi-daniell pour mettre le phénomène en évidence. La diminution du frottement par la polarisation négative et son augmentation par la polarisation positive croissent avec la force électromotrice qui sert à cette polarisation [1]. »

PHYSIQUE. — *Sur l'amplitude des vibrations téléphoniques*. Note de M. G. Salet, présentée par M. Wurtz.

« Tout le monde sait qu'on peut entendre, à travers une porte de sapin de peu d'épaisseur, les paroles prononcées dans une pièce d'ailleurs parfaitement close. Dans ce cas, les vibrations sonores transmises par l'air ébranlent synchroniquement la paroi de bois, et celle-ci transmet à son tour son mouvement à l'air extérieur comme pourrait le faire un piston mobile.

» Cette expérience familière aurait dû, semble-t-il, frapper les physiciens, car elle donne une preuve de l'exquise sensibilité de l'oreille. Les vibrations de la paroi sont en effet fort petites, à peine plus grandes que celles de la

(1) Ce travail a été fait au laboratoire des recherches physiques, dirigé par M. Jamin.

membrane d'un téléphone récepteur en action; or ces dernières sont si faibles qu'on a quelquefois révoqué en doute leur existence. Elles existent cependant, et je vais donner une idée de leur amplitude.

» J'ai fixé sur le diaphragme de fer d'un téléphone à main du système Bell un petit disque de verre pesant $0^{gr},45$; en face de celui-ci j'en ai disposé un second fournissant avec le premier les anneaux de Newton. L'appareil, comme on le voit, ressemble à celui que M. Fizeau a imaginé pour étudier les dilatations. Lorsqu'on parle à 5 ou 6 mètres du téléphone, ou lorsqu'on y lance un courant téléphonique produit à l'aide d'un bon transmetteur (celui de Bottscher, par exemple, qui ne nécessite l'emploi d'aucune pile), on voit les anneaux perdre de leur netteté et disparaître si l'on force un peu la voix. Ils vibrent en effet eux-mêmes, synchroniquement avec le diaphragme de fer, et rien n'est plus simple, d'après l'amplitude de leurs oscillations, que de calculer celle des vibrations de la membrane.

» Il est certain cependant que la surcharge de $0^{gr},5$ imposée à celle-ci doit en rendre les mouvements un peu moins étendus : les résultats obtenus par la méthode actuelle pèchent donc vraisemblablement par défaut plutôt que par excès.

» Pour évaluer le déplacement des anneaux, on dispose, devant le téléphone récepteur auquel on fait émettre un son continu, un disque tournant percé de fentes, comme celui du phénakisticope. On constate que, pour une certaine vitesse de rotation, les anneaux reparaissent avec netteté. Si l'on souffle alors au travers du disque, de façon à le faire agir comme une sirène, on vérifie que le son produit est à l'unisson avec celui transmis par le téléphone. Baisse-t-il ou monte-t-il légèrement, aussitôt les anneaux oscillent, d'abord lentement, puis avec une telle rapidité qu'ils redeviennent invisibles. Pendant qu'ils oscillent, on peut évaluer facilement leur déplacement : dans une expérience faite en émettant dans le transmetteur le *la* du diapason sur la voyelle *ou*, avec une intensité modérée, ce déplacement a été à peu près égal à la distance de deux anneaux consécutifs. L'amplitude des vibrations de la plaque réceptrice était donc de 2 à 3 *dix-millièmes de millimètre*.

» Si on lance dans le téléphone des courants d'intensités diverses, mais fort petites, et dont aucun, par exemple, ne produise le déplacement des anneaux au delà de la moitié de la distance qui les sépare, on pourra, en considérant un point de la lame de verre, conclure de son éclat à l'intensité du courant. Ce singulier procédé galvanométrique pourra sans doute être utilisé dans un récepteur télectroscopique. »

MÉCANIQUE APPLIQUÉE. — *Recherches sur l'emploi des manomètres à écrasement pour la mesure des pressions développées par les substances explosives.* Note de MM. SARRAU et VIEILLE, présentée par M. Berthelot.

« 1. Nous avons étudié, avec le dispositif décrit dans une précédente Communication [1], le développement de la pression de divers explosifs en éprouvette close, et nous avons appliqué les résultats de cette étude à l'évaluation de la pression maximum.

» Nous avons fait varier, dans ces expériences, la masse et la section du piston. La loi du développement de la pression a été modifiée en employant le même explosif sous des états différents (blocs comprimés, fragments de galettes, grains et poussiers diversement ténus), la pression maximum restant la même par l'adoption d'une même densité de chargement [2].

» Nous avons fait varier ainsi les durées τ et τ_0 [3], et, par suite, le rapport $\frac{\tau}{\tau_0}$ qui détermine, suivant la relation $P = k_0 + \frac{k\varepsilon}{1+\varphi\left(\frac{\tau}{\tau_0}\right)}$, la valeur à attribuer à la pression maximum P d'après l'écrasement mesuré ε.

» Le Tableau ci-après résume les principaux résultats obtenus avec un piston de 1^{cq} de section :

Désignation de l'explosif.	Densité de chargement.	État de l'explosif.	Poids du piston.	Durées τ_0.	Durées τ.	$\frac{\tau}{\tau_0}$.	Écrasement ε.
			gr	s	s		mm
Poudre de guerre.	0,70	poussier	59,7	0,000343	0,00165	4,8	5,70
	»	»	42,7	0,000298	»	5,5	5,73
	»	grains (poudre F_1)	59,7	0,000343	0,00255	7,4	5,70
	»	»	42,7	0,000298	»	8,6	5,67
	»	poussier	15,7	0,000186	0,00165	8,9	5,73
	»	fragment de galette	59,7	0,000343	0,00420	12,5	5,60
	»	»	»	»	0,00570	17,0	5,80
	»	bloc comprimé	»	»	0,07300	218,0	5,50
	»	»	»	»	0,08400	251,0	5,60

(1) *Comptes rendus*, séance du 17 juillet 1882.

(2) La densité de chargement est le rapport du poids de l'explosif à la capacité de l'éprouvette.

(3) Nous appelons τ le temps qui sépare la production de la pression maximum de l'origine du mouvement, et τ_0 la durée de l'écrasement du cylindre par une force agissant sur le piston sans vitesse initiale.

Désignation de l'explosif.	Densité de chargement.	État de l'explosif.	Poids du piston.	Durées τ_0.	Durées τ.	$\frac{\tau}{\tau_0}$.	Écrasement ε.
			gr	s	s		mm
Picrate de potasse	0,30	poussier	59,7	0,000343	0	0,0	5,40
	»	bloc comprimé	»	»	0,00052	1,5	4,20
	»	»	»	»	0,00064	1,9	3,40
Coton-poudre..	0,20	poussier	727,1	0,001172	0	0	5,40
	»	»	59,7	0,000343	0	0	5,42
	»	»	42,7	0,000298	0	0	5,40
	»	»	15,7	0,000186	0	0	5,03
Nitro-glycérine.	0,30	dynamite	4000,0	0,002744	0,00026	0,09	6,50
	»	»	727,1	0,001172	»	0,22	6,25
	»	»	59,7	0,000343	»	0,76	5,50
	»	»	15,7	0,000186	»	1,40	3,52
	»	»	6,9	0,000136	»	1,90	3,50
	»	»	3,8	0,000111	»	2,30	3,50

» 2. Les résultats de ce Tableau conduisent aux remarques suivantes :

» 1° *Poudre de guerre.* — L'écrasement n'éprouve pas de variation appréciable lorsque $\frac{\tau}{\tau_0}$ varie de 4,8 à 251,0. Par suite, la fonction φ reste sensiblement constante; d'ailleurs cette fonction tend vers zéro pour des valeurs croissantes de la variable : sa valeur est donc négligeable dans les conditions des expériences et la pression doit être calculée par la formule $P = k_0 + k\varepsilon$. En prenant $\varepsilon = 5,67$, $k_0 = 541$, $k = 535$ (1), on trouve la pression maximum des gaz de la poudre, à la densité de 0,70, égale à 3574^{kg} par centimètre carré.

» 2° *Picrate de potasse.* — La décomposition du picrate de potasse, à l'état de poussier, paraît extrêmement rapide, l'expérience n'ayant assigné à τ aucune valeur appréciable. La pression maximum doit alors être calculée par la relation $P = k_0 + \frac{k\varepsilon}{2}$; pour $\varepsilon = 5,40$, elle est égale à 1985^{kg}.

» 3° *Coton-poudre.* — La valeur de τ est également insensible, et la valeur de φ se réduisant à l'unité, l'écrasement ne doit pas varier avec la masse du piston. Ce résultat est, en effet, confirmé par l'ensemble des expériences.

» 4° *Nitroglycérine.* — La nitroglycérine, à l'état de dynamite, se décompose plus lentement que le picrate de potasse et le coton-poudre.

---

(1) *Comptes rendus*, séance du 3 juillet 1882.

Cependant, la valeur de $\frac{\tau}{\tau_0}$ est devenue négligeable par l'emploi d'un piston de 4^{kg}. L'écrasement alors est presque double de ceux que l'on a obtenus avec des pistons de 6,9 et 3,8, correspondant à des valeurs de $\frac{\tau}{\tau_0}$ égales à 1,9 et 2,3. Ce résultat indique que, pour la dynamite, dont la loi de combustion ne pouvait pas être modifiée par une modification de l'état de la matière, il a été possible de réaliser les deux limites, avec des cas intermédiaires, par la variation étendue de la masse du piston.

» La valeur de la pression maximum, mesurée par la force de tarage correspondant à la moitié de l'écrasement produit par le piston de 4^{kg}, est égale à 2547^{kg} par centimètre carré.

» 3. Ces résultats mettent en évidence l'importance de l'analyse que nous avons faite du fonctionnement de l'appareil, au point de vue de la comparaison des pressions développées par les explosifs. Par exemple, à la densité de 0,30 et avec le piston de 59,7, le picrate de potasse et la dynamite donnent à très peu près le même écrasement. La règle admise jusqu'à présent conduirait à attribuer la même valeur aux pressions maxima des deux substances, alors que la discussion des résultats obtenus conduit à fixer, pour une densité de chargement de 0,30, le maximum à 1985 pour le picrate et à 2547 pour la dynamite. »

MINÉRALOGIE. — *Reproduction de la calcite et de la withérite.* Note de MM. **Miron** et **Bruneau**.

« La plupart des eaux courantes, eaux de sources, eaux de rivières, etc., tiennent en dissolution du carbonate de chaux, grâce à la présence d'un excès d'acide carbonique. Les eaux de certaines sources, dites pétrifiantes, telles que les eaux de Saint-Allyre, en contiennent même de si grandes quantités, qu'en arrivant à la surface du sol elles perdent une partie de l'acide carbonique qu'elles contenaient, et laissent déposer du carbonate de chaux cristallisé sur les objets qu'elles rencontrent. En saturant l'acide carbonique libre d'une eau courante ordinaire, on peut déterminer des pétrifications ou incrustations analogues à celles des sources dites pétrifiantes. C'est ce que nous avons fait, en opérant comme il suit :

» *Calcite.* — Si l'on alimente une trompe avec une eau de rivière, et que cette trompe aspire de l'air chargé de gaz ammoniac, on obtient, dans le tube d'écoulement, des cristaux rhomboédriques de carbonate de chaux.

» Nous avons opéré avec l'eau de la Ville de Paris, qui alimente le laboratoire de Chimie de la Sorbonne. En réglant le courant d'eau de telle sorte que la trompe débite un litre d'eau par minute, le courant gazeux étant assez rapide, on obtient des cristaux bien nets en moins d'une demi-heure. En abandonnant l'expérience à elle-même pendant trente-six heures environ, on arrive à obstruer presque complètement un tube de $0^m,008$ de diamètre intérieur. Les cristaux les plus beaux se forment à la partie inférieure du tube, et tous rayonnent du centre à la circonférence.

» En faisant tomber, sur des moules ou des objets divers, l'eau de rivière qui sort de ces tubes, on peut reproduire des incrustations ou pétrifications, en tout semblables à celles des sources de Saint-Allyre, Saint-Nectaire.

» Ce procédé pourrait s'appliquer aux eaux de ces dernières sources, et permettrait d'abréger beaucoup le temps nécessaire pour obtenir les pétrifications.

» *Withérite.* — Nous avons opéré, comme précédemment, non plus avec l'eau de la Ville de Paris, mais avec de l'eau distillée, contenant ($0^{gr},20$) de carbonate de baryte, maintenus en dissolution au moyen d'acide carbonique dissous dans l'eau.

» Nous avons obtenu ainsi une matière blanche, cristallisée en prismes rhomboïdaux droits, faisant effervescence avec les acides. Tout nous porte à croire que nous avons affaire à de la withérite. Des expériences ultérieures nous permettront de décider de la composition de ce carbonate.

» Nous appliquerons cette méthode à la reproduction de divers carbonates, et d'autres espèces minérales solubles dans les acides [1]. »

CHIMIE. — *Sur la vaporisation des métaux dans le vide.* Note de M. **Eug. Demarçay**, présentée par M. Cahours.

« On sait que les métaux ont pu être volatilisés à des températures généralement élevées, l'emploi de l'arc électrique étant fréquemment nécessaire. Ces expériences ont été effectuées dans l'air ou dans des gaz à la pression ordinaire.

» J'ai été conduit à examiner si l'on ne pourrait pas obtenir de volatilisation sensible à des températures plus basses en diminuant la pression, et à plus forte raison dans le vide, et j'ai pu constater qu'il en était effecti-

---

[1] Ce travail a été fait au laboratoire de Chimie de la Sorbonne.

vement ainsi. Tous les métaux que j'ai examinés ont en effet manifesté des indices de volatilisation à des températures relativement très basses. Mais je n'ai étudié jusqu'ici, en employant les précautions nécessaires, que les métaux les plus volatils, certaines difficultés ne m'ayant pas encore permis de terminer cette étude.

» J'emploie, pour mettre ces phénomènes en évidence, un tube en cristal de $0^m,012$ de diamètre, fermé à l'une de ses extrémités, et qui contient le métal. Le chauffage s'effectue au moyen des vapeurs de soufre, de mercure, de sébate, de méthyle, d'aniline, d'oxalate de méthyle ou d'eau, ce qui donne les températures d'environ 440°, 360°, 292°, 184°, 161° et 100°. Un tube de verre mince en U, traversé par un courant d'eau froide, descend jusqu'à $0^m,02$ environ du métal dans le tube de cristal, qui est relié à une trompe de Sprengel par un tube de plomb mastiqué sur le verre à ses deux extrémités. Le vide étant obtenu, on chauffe le tube dans l'une des vapeurs mentionnées plus haut, en continuant le fonctionnement de la trompe pendant tout le temps de l'expérience.

» On observe généralement au début de la chauffe un dégagement de gaz qui cesse au bout d'un temps variable suivant le métal. Après un temps plus ou moins long, on voit l'extrémité du tube froid en U se recouvrir d'une couche noirâtre qui, si l'expérience est suffisamment prolongée, prend l'aspect métallique. Les métaux dont je me bornerai à parler aujourd'hui sont le cadmium, le zinc, l'antimoine, le bismuth, le plomb et l'étain; leur volatilité existe déjà pour le cadmium à 160°, le zinc à 184°, l'antimoine et le bismuth à 292°, le plomb et l'étain à 360°.

» Les dépôts sont assez notables pour être pesés (5^{mgr} à 15^{mgr}) pour des expériences durant de vingt-quatre à quarante-huit heures. A des températures plus élevées, les dépôts deviennent de plus en plus abondants et finissent par être épais, l'extrémité seule du tube en U se recouvrant de métal.

» Ainsi le cadmium à 184° a donné, après vingt heures, un dépôt pesant près de $0^{gr},10$. Je n'ai pu encore constater de vaporisation à des températures inférieures à celles que j'ai mentionnées, mais je ne doute pas qu'elles n'existent. En effet, au moment où l'on chauffe ces métaux, il se forme à leur surface une mince couche d'un sous-oxyde de couleur foncée qui est bien moins volatil que le métal et qui, si l'on n'a pas pris de précautions pour l'éviter, s'oppose à la vaporisation à des températures bien supérieures à celles que j'ai notées plus haut. Dans ces cas, si l'on continue l'expérience, on voit généralement le dépôt métallique commencer à se faire soudaine-

ment, grâce, sans doute, à quelque fissure du vernis superficiel de sous-oxyde.

» J'espère pouvoir surmonter ces difficultés et être en état d'annoncer prochainement à l'Académie que les métaux précédents, et même ceux des familles du fer et du platine, etc., se vaporisent à des températures bien inférieures à celles qu'on admet en général.

» Je me borne, pour le moment, à faire connaître ces résultats, afin de prendre date. »

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Sur le dosage des matières astringentes des vins.* Note de M. Aimé Girard.

« Le dosage des matières astringentes contenues dans les vins est, et avec juste raison, considéré comme une des opérations les plus délicates que comprenne l'analyse des produits agricoles. Ces matières sont diverses, et, parmi elles, on voit figurer d'abord un composé tannique souvent désigné sous le nom d'*œnotannin,* ensuite plusieurs matières colorantes, dont quelques-unes, très probablement, ont avec l'œnotannin des relations intimes de constitution.

» Pour en déterminer la proportion, nombre de procédés ont été imaginés, qui tantôt visent simplement le dosage en bloc de l'œnotannin et des matières colorantes, tantôt prétendent opérer le départ de l'un et des autres.

» Au cours de recherches que j'achève en ce moment sur la composition des vins de marc, j'ai eu l'occasion d'étudier ces procédés et j'ai reconnu que, si quelques-uns entre des mains exercées, appliqués d'ailleurs à des vins ordinaires, peuvent donner une certaine approximation, tous deviennent incertains, lorsque la quantité de matières astringentes à doser est faible. Je me suis ainsi trouvé conduit à rechercher un procédé qui, précis et simple à la fois, permettant de peser directement les produits à doser, m'offrît les garanties nécessaires pour l'estimation en bloc de l'œnotannin et des matières colorantes contenues dans les vins, c'est-à-dire des substances qui, en bloc également, concourent à donner à cette boisson un caractère et un goût spécifiques.

» C'est dans la combinaison de ces substances avec les tissus animaux que j'ai trouvé le principe de ce procédé. Déjà, et depuis longtemps, pour le dosage des matières tannantes, l'emploi de la peau avait été proposé; dès 1833, Pelouze en a fait usage pour séparer le tannin de l'acide gallique;

plus récemment, en 1875, MM. Müntz et Ramsparker ont basé sur l'absorption du tannin par la peau un procédé densimétrique pour l'analyse des écorces ; quelques chimistes même paraissent y avoir eu recours pour l'analyse des vins, mais l'expérience que j'en ai faite m'a démontré que l'emploi de la peau ordinaire, en cette dernière circonstance, présente des difficultés, dues surtout aux différences de composition et d'état hygrométrique de parties peu éloignées cependant les unes des autres.

» J'ai pensé alors à substituer à la peau un tissu animal pur et que l'on pût même considérer comme une espèce chimique définie; ce tissu, je l'ai trouvé dans les boyaux de mouton dont sont faites les cordes harmoniques. M. Thibouville-Lamy a eu l'obligeance de mettre à ma disposition les produits nécessaires à cette étude, produits qu'il convenait de prendre, non pas en l'état d'achèvement où le commerce les offre aux musiciens, mais en cours même de fabrication et avant cet achèvement.

» Le procédé suivant lequel ces boyaux sont préparés par M. Thibouville-Lamy suffit à garantir la pureté de la matière, pureté que l'examen microscopique et chimique permet d'ailleurs de vérifier. Soigneusement lavés, débarrassés mécaniquement, par le grattage, des tissus étrangers et surtout des tissus adipeux, soumis ensuite à l'action des alcalis, blanchis au permanganate de potasse et à l'acide sulfureux, les boyaux sont ensuite tordus sur un métier et transformés ainsi en cordes, qu'on blanchit une fois encore à l'acide sulfureux gazeux et qu'on parfait enfin, en les polissant en présence d'une petite quantité d'huile.

» C'est avant cette dernière opération, avant le polissage à l'huile, que les cordes doivent être employées à l'analyse des vins ; celles qui, dans mes essais, m'ont donné les meilleurs résultats sont les cordes blanches de qualité supérieure, connues sous le nom de *ré de violon*. Faciles à manier, d'une pureté remarquable, les cordes de cette sorte absorbent avec facilité, et en se colorant fortement, les divers principes astringents que le vin contient, tandis que dans le liquide décoloré, privé d'œnotannin, restent inaltérés tous les autres éléments : alcool, glycérine, acide succinique, crème de tartre, gomme, etc.

» La marche à suivre pour exécuter, d'après le principe que je viens d'indiquer, le dosage simultané de l'œnotannin et des matières colorantes est la suivante : on opère sur 100^{cc} de vin, en prenant la précaution, si ce vin est très chargé, de l'étendre d'eau. Quatre ou cinq cordes sont réunies, et du faisceau l'on détache environ 1^{gr} de matière pour y doser l'eau. D'autre part, on pèse une quantité de ces mêmes cordes, qui doit varier

de 3^{gr} pour les vins faibles à 5^{gr} pour les vins très chargés. La quantité ainsi pesée est mise à tremper dans l'eau pendant quatre ou cinq heures; là, les cordes se gonflent et deviennent faciles à détordre à la main. Ainsi détordus, les cinq boyaux dont chaque corde de *ré* est faite sont immergés dans le vin à analyser. A leur contact, ce vin se modifie rapidement; au bout de vingt-quatre heures en général, de quarante-huit heures au plus, toute coloration a disparu du liquide, et l'addition du perchlorure de fer n'y produit plus aucune réaction.

» Lavés à deux ou trois reprises à l'eau distillée, les fragments de cordes tannés et teints sont alors desséchés d'abord à 35°-40° dans un vase plat, puis, quand ils ont perdu toute propriété adhésive et parce que la matière est très hygrométrique, logés dans un flacon facile à fermer à l'émeri, où leur dessiccation s'achève à une température qui ne doit pas dépasser 100°-102°.

» La dessiccation achevée, la comparaison entre les poids, d'une part de la corde (ramenée par le calcul à l'état sec) que l'on a mise en œuvre, d'une autre de cette même corde tannée, colorée et séchée, suffit à donner la proportion d'œnotannin et de matières colorantes contenues dans le vin.

» Des expériences répétées sur un grand nombre de vins m'ont permis de reconnaître à ce procédé une remarquable simplicité d'exécution, en même temps qu'une précision supérieure à celle des procédés proposés jusqu'ici pour atteindre le même but. »

CHIMIE. — *Loi de congélation des solutions benzéniques des substances neutres.* Note de M. F.-M. Raoult.

« La méthode suivie dans ces recherches ne diffère pas de celle dont j'ai fait usage, pour l'étude du point de congélation des solutions aqueuses des matières organiques, et que j'ai déjà décrite (*Comptes rendus,* 5 juin 1882). Le volume du liquide employé dans chaque expérience était toujours de 115^{cc}. Le poids de substance dissoute dans la benzine était tel que l'abaissement du point de congélation de ce liquide fût de 1° à 2°; abaissement bien suffisant, puisqu'il était déterminé avec certitude à $\frac{1}{200}$ de degré près. La benzine employée, presque chimiquement pure, se congelait à 4°,96. Voici quelques-uns des résultats que j'ai obtenus avec des composés très divers, appartenant aux groupes des *hydrocarbures,* des *éthers*

et des *aldéhydes;* ceux qui se rapportent aux alcalis, aux acides et aux alcools seront présentés ultérieurement.

Substances dissoutes dans la benzine.	Formules.	Poids moléculaire.	Abaissement du point de congélation pour 1gr de substance dans 100gr de benzine.	Produit du poids moléculaire par l'abaissement dû à 1gr de substance.
Iodure de méthyle.......	C^2H^3I	142	0,335	50,4
Chloroforme...........	C^2HCl^3	119,5	0,428	51,1
Formène perchloré......	C^2Cl^4	154	0,333	51,2
Sulfure de carbone......	C^2S^4	76	0,654	49,7
Iodure d'éthyle.........	C^4H^5I	156	0,331	51,6
Bromure d'éthyle.......	C^4H^5Br	109	0,461	50,2
Hydrure d'hexyle.......	$C^{12}H^{14}$	86	0,597	51,3
Chlorure d'éthylène.....	$C^4H^4Cl^2$	99	0,491	48,6
Térébenthène	$C^{20}H^{16}$	136	0,366	49,8
Nitrobenzine...........	$C^{12}H^5AzO^4$	123	0,390	48,0
Naphtaline............	$C^{20}H^8$	128	0,391	50,0
Anthracène	$C^{28}H^{10}$	178	0,287	51,2
Azotate de méthyle.....	$C^2A^3AzO^6$	77	0,640	49,3
Oxalate de méthyle.....	$C^8H^6O^8$	118	0,417	49,2
Salicylate de méthyle....	$C^{16}H^8O^6$	152	0,339	51,5
Éther................	$C^8H^{10}O^2$	74	0,671	49,7
Sulfure d'éthyle........	$C^8H^{10}S^2$	90	0,576	51,8
Cyanure d'éthyle.......	C^6H^5Az	55	0,938	51,6
Formiate d'éthyle	$C^6H^6O^4$	74	0,666	49,3
Valérianate d'éthyle.....	$C^{14}H^{14}O^4$	130	0,384	50,0
Sulfocyanure d'allyle....	$C^8H^5AzS^2$	99	0,519	51,4
Nitroglycérine.........	$C^6Az^3H^5O^{18}$	227	0,220	49,9
Tributyrine...........	$C^{30}H^{26}O^{12}$	302	0,161	48,7
Trioléine.............	$C^{114}H^{104}O^{12}$	884	0,056	49,8
Aldéhyde	$C^4H^4O^2$	44	1,107	48,7
Chloral (anhydre)......	$C^4HO^2Cl^3$	147,5	0,342	50,3
Aldéhyde benzoïque....	$C^{14}H^6O^2$	106	0,473	50,1
Camphre	$C^{20}H^{16}O^2$	152	0,338	51,4
Acétone.............	$C^6H^6O^2$	58	0,850	49,3
Valérone............	$C^{18}H^{18}O^2$	142	0,359	51,0

» Le coefficient d'abaissement, c'est-à-dire l'abaissement du point de congélation dû à 1gr de substance dissoute dans 100gr de benzine, varie beaucoup d'un corps à l'autre, comme on le voit; cependant, si l'on multiplie le coefficient d'abaissement d'un quelconque de ces corps par son

poids moléculaire, on trouve un produit sensiblement constant. Ce produit, qui représente l'abaissement dû à une molécule, est toujours très rapproché du nombre 50.

» Il résulte de là que *les acétones, les aldéhydes, les éthers, les hydrocarbures et leur dérivés, dissous dans un même poids de benzine en quantités proportionnelles à leurs poids moléculaires, abaissent tous le point de congélation de ce liquide à peu près du même nombre de degrés*. Cette loi est tout à fait analogue à celle que j'ai établie précédemment pour les solutions aqueuses des matières organiques, et elle la confirme en la généralisant.

» Il est donc permis de dire, dès à présent : *Dans une multitude de cas, l'abaissement du point de congélation d'un dissolvant ne dépend que du rapport entre les nombres de molécules du corps dissous et du dissolvant; il est indépendant de la nature, du nombre, de l'arrangement des atomes qui composent les molécules dissoutes* ».

PHYSIOLOGIE PATHOLOGIQUE. — *Moyen de conférer artificiellement l'immunité contre le charbon symptomatique ou bactérien avec du virus atténué.* Note de MM. **Arloing, Cornevin** et **Thomas**, présentée par M. Bouley.

« Nous sommes parvenus à conférer l'immunité contre le charbon symptomatique par l'inoculation du virus naturel dans les veines et dans les voies trachéo-bronchiques. L'injection intra-veineuse a même été appliquée sur une large échelle, et son efficacité contrôlée. Aujourd'hui nous désirons appeler l'attention de l'Académie sur un moyen d'atteindre le même résultat en injectant sous la peau du virus dont l'activité est atténuée.

» A. Le procédé d'atténuation que nous avons réglé et appliqué nous a été inspiré par les travaux de M. Toussaint sur la bactéridie du sang de rate, travaux qui viennent d'être repris avec le plus grand succès par notre maître M. Chauveau. Effectivement, il consiste à faire agir la chaleur sur la sérosité virulente extraite des tumeurs charbonneuses; seulement, cette sérosité est desséchée préalablement à la température de 32°, dans un courant d'air qui permet d'obtenir la dessiccation avant l'arrivée de la putréfaction.

» Une longue série d'expériences nous a démontré qu'en triturant une certaine quantité de virus desséché, dans les conditions indiquées ci-dessus, avec deux fois son poids d'eau, de façon à hydrater également toutes les

parcelles, et en portant ces mélanges dans une étuve chauffée depuis + 85° à + 100°, où on les maintient pendant six heures, on obtient une série de virus atténués à des degrés divers. Il est important de n'atténuer qu'une petite quantité de virus à la fois et de régler le chauffage de l'étuve de telle sorte que sa température initiale soit rétablie moins de deux heures après l'introduction du virus.

» B. Lorsqu'on veut employer les virus atténués par ce procédé, il faut établir parmi eux un choix basé sur leur activité et la susceptibilité spécifique ou individuelle des sujets sur lesquels on désire les essayer, et fixer la dose pour un sujet d'après cette dernière considération. La dose exerce, en effet, une grande influence sur les résultats : telle dose donne une maladie légère et vaccine; une dose plus forte détermine une tumeur mortelle dans laquelle les microbes reconquièrent toute leur activité.

» Après tâtonnements, nous nous sommes arrêtés à la pratique suivante : faire deux inoculations à six ou huit jours d'intervalle, la première avec du virus atténué par la température de 100°, la seconde avec du virus atténué par + 85°. On s'exposerait à des mécomptes si l'on employait d'emblée, même sur le bœuf, le virus le moins atténué. Lorsqu'on opère sur le mouton, on prend $0^{gr},01$ de chaque virus à l'état sec; si l'on opère sur le bœuf, $0^{gr},02$ ou $0^{gr},03$, selon la taille. On associe ces doses à cent fois leur poids d'eau et on les écrase dans un mortier jusqu'à ce que l'on obtienne une pulpe apte à être injectée sous la peau, à l'aide d'une seringue à canule piquante. Jusqu'à présent, nous avons poussé ces injections sous la peau de la face latérale de l'encolure ou de la face interne de la cuisse. Les vaccinés seront éprouvés quinze jours après la seconde inoculation avec cinq ou six gouttes de sérosité extraite fraîchement d'une tumeur et délayée, pour plus de facilité, dans 1^{cc} d'eau.

» C. Présentement, nous avons employé les virus atténués sur trois séries d'animaux, savoir : un lot composé de trois moutons, un autre de trois veaux, et un troisième comprenant une génisse de dix-huit à vingt mois et une vache de quatre ans. Les inoculations ont déterminé sur les bovidés une légère tuméfaction locale, qui a disparu graduellement; sur les moutons, un gonflement plus considérable. La première inoculation a provoqué une élévation de température de 0°,2 à 0°,7; la seconde, une hyperthermie de 0°,5 à 1°; quelquefois, l'élévation la plus considérable s'est présentée après la première inoculation. Tous ces animaux furent vaccinés avec succès; car, inoculés en même temps que des sujets témoins, avec du virus naturel, ils présentèrent des accidents légers ou insignifiants, tandis

que les suites de l'inoculation furent graves et presque toujours mortelles sur les témoins.

» Nous ferons remarquer la grande résistance du microbe du charbon symptomatique à la chaleur, après une première dessiccation graduelle à la température de 32°. Nous avions observé dans les mêmes conditions une résistance analogue à l'action des antiseptiques. Il est bon de noter en même temps que les sérosités virulentes renferment surtout des bâtonnets sporulés et que le nombre de ceux-ci augmente de beaucoup pendant la durée de la première opération, de sorte que la chaleur agit sur un virus très riche en spores. Ces observations nous ont servi d'idée directrice dans les recherches qui ont abouti au procédé d'atténuation qui vient d'être exposé. »

ZOOLOGIE. — *Sur le Lieberkuehnia, Rhizopode d'eau douce multinucléé.* Note de M. E. **Maupas**, présentée par M. de Lacaze-Duthiers.

« Lorsque, au mois de juillet 1879, je présentai à l'Académie une Note sur quelques proto-organismes animaux et végétaux multinucléés, j'exprimais l'opinion qu'aux faits déjà connus de cellules multinucléées viendraient sûrement s'en ajouter nombre d'autres nouveaux. Je signalais, parmi les Algues, le groupe des Siphonées, comme devant posséder la même structure. Cette prévision, à mon insu, n'en était déjà plus une au moment où je la formulais; car, en même temps que ma Note, paraissait en Allemagne un travail de Fr. Schmitz, dans lequel cet habile observateur démontrait la multiplicité des noyaux chez plusieurs des Algues de ce groupe. Depuis lors, les travaux de Treub, de Berthold, de Johow et de Guignard ont encore accru le nombre des cas de pluralité nucléaire dans les cellules végétales.

» Aujourd'hui je demande à l'Académie la permission de lui soumettre un nouveau cas semblable observé sur un Protozoaire déjà connu, mais insuffisamment étudié. Son organisation est d'ailleurs si curieuse, que sa description devra être bien accueillie de ceux qui s'intéressent à la morphologie des organismes unicellulaires.

» Ce Protozoaire, que j'ai trouvé dans le bassin du jardin d'essai, au Hamma, près d'Alger, est la *Lieberkuehnia*, Rhizopode d'eau douce décrit pour la première fois par Claparède et Lachmann, puis revu par Cienkowski. Ce dernier auteur n'avait pas identifié les formes observées par lui avec celles de Claparède et Lachmann et les avait désignées par le nouveau

nom de *Gromia paludosa;* mais c'est une erreur déjà relevée d'ailleurs par Bütschli dans ses *Protozoa*, p. 106. Les observations de ces auteurs, bien que fort intéressantes, sont loin d'être complètes : elles sont, de plus, erronées sur quelques points essentiels.

» Le corps est de forme variable et peut être parfaitement sphérique, ovoïde, oblong et même en fuseau. Chaque individu peut revêtir toutes ces formes, et, lorsqu'on tient un même exemplaire en observation pendant plusieurs jours, on le voit passer par toutes ces variations. Ces changements se font avec une très grande lenteur. La coque est même transparente et intimement appliquée à la surface du corps. Elle obéit à tous ses changements, s'allonge, s'étire, se raccourcit et revient à la forme sphérique en même temps que lui. Elle prend part aussi à la division fissipare. Aussi je ne puis pas la considérer comme une vraie coque dans le même sens que celle des Arcelles et des Difflugées. Chez ces dernières, la coque est un produit de sécrétion chitineux de nature squelettique et de valeur morphologique tout autre. Chez Lieberkuehnia, la prétendue coque n'est en réalité qu'un tégument ou ectosarc que certains réactifs permettent d'isoler de l'endosarc, mais que j'ai vu résister moins que ce dernier aux réactifs dissolvants.

» Les pseudopodes s'épanouissent à l'extrémité d'un pédoncule inséré latéralement. Ils peuvent s'étendre à une très grande distance. J'en ai mesuré qui atteignaient jusqu'à la longueur de $2^{mm},26$, le corps de l'animal ayant un diamètre de $0^{mm},15$ à $0^{mm},16$. Le mouvement de circulation du sarcode y est un des plus rapides que j'aie encore observé. Les granules parcouraient $0^{mm},66$ à la minute, la température ambiante étant de 23° C. Les Infusoires qui viennent se heurter au milieu des mailles de leur réseau sont arrêtés et immobilisés, comme on l'a déjà observé pour beaucoup d'autres Rhizopodes.

» Lieberkuehnia peut capturer ainsi de gros Infusoires, tels que *Paramecium aurelia*. Les Infusoires pris sont absorbés de diverses façons; tantôt ils sont engloutis tout d'une pièce, tantôt, au contraire, le sarcode des pseudopodes les enveloppe de toutes parts et constitue autour d'eux une vacuole digestive, dans laquelle ils sont dissous en dehors et souvent assez loin du corps. Ils n'arrivent à celui-ci que plus tard, lorsqu'ils sont déjà assimilés à la substance des pseudopodes, dans le mouvement de circulation desquels ils se perdent. La digestion s'accomplit et s'achève entièrement en dehors du corps. Cette digestion, lorsqu'il s'agit de petits Infusoires, comme *Cyclidium glaucoma*, dure à peine cinq à six minutes; mais *Paramecium aurelia*

résiste plus d'une heure avant de se dissoudre et disparaître entraîné dans le courant des pseudopodes.

» Le sarcode de la masse du corps est en mouvement perpétuel. Ce mouvement ne s'exécute pas régulièrement dans un même sens comme la cyclose de *Paramecium aurelia*. Il est aussi rapide que chez cet Infusoire, mais se décompose en courants de directions variées et changeantes. Ce sarcode est creusé de nombreuses vacuoles de volume et grandeur divers. Ces vacuoles sont entraînées par les courants, dans lesquels on les voit souvent changer de forme et quelquefois se fusionner entre elles. Elles finissent toujours par arriver à la périphérie du corps, où elles se contractent d'une façon identique à celle des vacuoles dites contractiles. Lieberkuehnia n'est donc pas, comme on l'a dit, dépourvue de ces organes d'excrétion. Elle en est peut-être au contraire plus richement dotée que beaucoup d'autres Protozoaires. Il y a simplement cette différence, que les vacuoles contractiles ne sont ni permanentes ni localisées en aucune région du corps, dont toutes les parties peuvent servir de siège à leur formation.

» Lieberkuehnia, contrairement encore à ce qu'on a prétendu, possède aussi un très grand nombre de nucléus, disséminés dans la substance du corps. Ces nucléus sont sphériques et mesurent $0^{mm},004$. J'ai déjà fait connaître un autre Rhizopode ([1]), réunissant également dans sa structure l'instabilité des vacuoles contractiles et la grande multiplicité des noyaux. L'avenir multipliera bien sûrement les exemples de ce type d'organisation, et tout me fait croire que le *Biomyxa vagans* de Leidy ([2]), mieux étudié, laissera voir la même structure. Le savant américain a bien reconnu les nombreuses vacuoles éphémères, mais les nucléus lui ont échappé. Ces types sont encore caractérisés par la grande mobilité de leur sarcode, par la variabilité incessante de leurs contours généraux et par le riche développement de leurs pseudopodes.

» Lieberkuehnia se multiplie par division transversale. Cienkowski a très bien décrit le phénomène. J'ajouterai à ses observations que j'ai vu des individus se diviser non plus en deux, mais en trois. Le corps s'allongeait en un long fuseau qui, après formation de deux nouveaux pédoncules à pseudopodes, s'étranglait en deux points, le divisant en trois segments assez égaux.

» Un individu, résultant d'une de ces divisions en trois, développa, aussitôt qu'il fut isolé, un second pédoncule à pseudopodes, situé au pôle

---

([1]) Voir *Comptes rendus*, t. LXXXIX (1879), p. 252.

([2]) *Fresh-water Rhizopods of North-America*, p. 282.

opposé de celui qu'il possédait déjà. Il continua ainsi à vivre avec deux foyers d'émission de pseudopodes richement épanouis. Je l'ai observé plus d'un jour avec cette disposition, sans qu'il se produisît d'autres modifications que les lents changements de forme du corps dont j'ai parlé plus haut. Il n'y avait donc là aucune préparation à une nouvelle division fissipare. Cette Lieberkuehnia, ainsi constituée, avec ses deux foyers d'émission de pseudopodes, situés aux deux pôles opposés, répondait au type morphologique qui a servi à créer la famille des Amphistomina. On peut donc la considérer comme une de ces formes intermédiaires reliant des familles séparées. »

BOTANIQUE FOSSILE. — *Sur la flore fossile des charbons du Tong-King.* Note de M. R. ZEILLER, présentée par M. Daubrée.

« M. Fuchs ayant bien voulu me confier l'examen des empreintes végétales qu'il a recueillies avec M. Saladin, dans les gîtes de combustible du Tong-King ([1]), j'ai l'honneur de présenter à l'Académie les résultats auxquels m'a conduit l'étude de cette flore, au point de vue de la détermination de l'âge des couches de charbon dont elle provient

» Les schistes du bassin anthracifère de Nong-Sön, dans l'Annam, ne contenaient que des traces informes de débris végétaux ; mais les plantes du Tong-King étaient, pour la plupart, en parfait état de conservation et ont pu être nommées avec une certitude complète. Le plus grand nombre provient des mines de Ké-Bao et de celles de Hon-Gâc ; trois espèces seulement ont été recueillies dans les grès de Lang-Sân, vers la pointe nord-ouest du bassin, en un point où n'affleure aucune couche de combustible ; ce sont : l'*Asplanites Ræsserti*, le *Tæniopteris M'Clellandi* et une Fougère non décrite encore, voisine des *Dictyophyllum* (*Polypodites Fuchsi*).

» La flore des bassins de Ké-Bao et de Hon-Gâc, considérés ensemble, est composée de seize espèces différentes, qui sont presque toutes communes à ces deux bassins, de telle sorte que, si les couches n'en sont pas contemporaines, il est du moins impossible, quant à présent, d'en déterminer par la flore l'ordre de superposition. Ces seize espèces peuvent être divisées en deux groupes : l'un de formes connues depuis longtemps en Europe, l'autre renfermant des types spécifiques qui paraissent propres à l'Inde, à l'Australie ou à l'Afrique australe.

» Le premier groupe comprend quatre espèces de Fougères : *Asplenides*

([1]) *Comptes rendus*, séance du 10 juillet 1882.

Rœsserti, Dictyophyllum acutilobum, D. Nilssoni, Clathropteris platyphylla, et cinq espèces de Cycadées : *Pterophyllum æquale, Pterozamites Münsteri, Anomozamites inconstans, Nilssonia polymorpha, Podozamites distans.* Toutes ces espèces sont connues en Europe dans les couches rhétiques ou infraliasiques, soit de la Franconie, soit de la Scanie, soit de la Hongrie. La plupart ont été signalées également en Scanie, à Hœr, Hœganaes ou Palsjo, par M. Nathorst, et en Franconie, autour de Bayreuth ou de Bamberg, par MM. F. Braun et Schenk; elles ne sont connues ni au-dessus ni au-dessous de ce niveau.

» Le second groupe comprend une Équisétacée : *Phyllotheca indica;* quatre Fougères : *Tæniopteris spatulata, T. spatulata,* var., *multinervis, Glossopteris Browniana, Palæovittaria Kurzi;* une Cycadée : *Nœggerathiopsis Hislopi,* et un Conifère : *Taxites planus.* Toutes ces espèces ont été rencontrées dans l'Inde, dans la grande formation géologique désignée sous le nom de *Gondwana system,* mais à des niveaux différents. Ce système se divise, en effet, en deux groupes principaux, reposant l'un sur l'autre en stratification discordante; l'étage inférieur du plus élevé d'entre eux, l'étage de Rajmahal, est considéré, d'après sa position stratigraphique, au-dessous des couches reconnues positivement comme oolithiques, et d'après sa flore, comme représentant le lias. Le groupe le plus bas, celui des Gondwanas inférieurs, qui renferme d'importants dépôts de charbon, est assimilé au trias par M. O. Feistmantel ([1]), en raison de l'affinité ou de l'identité de plusieurs espèces végétales avec celles des grès bigarrés des Vosges; les quelques fossiles animaux trouvés dans ces couches confirment ce rapprochement, et la comparaison avec les couches de charbon de l'Australie et de l'Afrique australe, tant au point de vue stratigraphique ([2]) qu'au point de vue paléontologique ([3]), a conduit au même résultat.

» Or, parmi les espèces qui viennent d'être citées, quatre appartiennent à la flore des Gondwanas inférieurs, savoir : *Phyllotheca indica, Glossopteris Browniana, Palævittaria Kurzi,* et *Nœggerathiopsis Hislopi;* les autres, *Tæniopteris spatulata, T. spatulata multinervis,* et *Taxites planus,* ont été trouvées dans l'étage de Rajmahal.

» Les couches de charbon du Tong-King, comparées avec ces formations

---

([1]) O. Feistmantel, *Palæontologia indica, fossil Flora of the Gondwana system,* t. III. — *Fl. of the Lower Gondwanas.*

([2]) *Records of the geological Survey of India,* t. XIII, p. 250; 1880.

([3]) O. Feistmantel, *Paläontologische Beiträge,* t. III. — *Paläozoische und mesozoische Flora des östlichen Australiens,* p. 190, 191.

de l'Inde, paraissent donc, par leur flore, intermédiaires entre les Gondwanas inférieurs et les Gondwanas supérieurs, c'est-à-dire entre le trias et le lias, résultat conforme à celui que donnait l'identité des espèces du premier groupe avec celles de la flore rhétique ou infraliasique de l'Europe.

» Un fait qui paraît mériter de fixer l'attention, c'est précisément le grand nombre de formes spécifiquement identiques avec celles de l'Europe, malgré la distance qui sépare les deux pays. Ces formes sont d'ailleurs, comme je l'ai fait remarquer, accompagnées de types inconnus jusqu'à présent dans nos régions, notamment les *Glossopteris*, signalés pour la première fois en Australie, où ils ont apparu, ainsi que le genre *Phyllotheca*, dès l'époque carbonifère, au milieu d'une flore aussi différente de la flore houillère de l'Europe que le sont les flores actuelles de ces deux continents. Il semble qu'il y ait eu alors deux grandes régions botaniques bien distinctes et que le sud de l'Asie marque à peu près leur trait d'union, à en juger par le mélange d'espèces propres à chacune d'elles, déjà signalé dans la flore triasique de l'Inde et accusé plus nettement encore par la flore des charbons du Tong-King. »

MATIÈRE MÉDICALE ET THÉRAPEUTIQUE. — *Nouvelles recherches, au point de vue physiologique et thérapeutique, sur les globulaires.* Note de MM. **Ed. Heckel**, **J. Mourson** et **Fr. Schlagdenhauffen**, présentée par M. Chatin.

« *Action physiologique et thérapeutique.* — L'emploi thérapeutique des globulaires étant resté jusqu'ici à peu près empirique, nous avons dû étudier sur les animaux et sur l'homme, d'une manière particulière, l'action des deux principales substances (*globularine* et *globularétine*), qui entrent dans la composition de ces plantes, justement appréciées dans la médecine populaire comme antipériodiques et purgatives.

Globularine ($C^{15}H^{20}O^{8}$).

» Placée à l'état solide sur l'épiderme ou introduite sous la peau d'une grenouille verte de taille moyenne, aux doses de 0gr, 10 à 0gr, 25, elle agit profondément sur le cœur. Ainsi, expérimentant sur deux grenouilles dont cet organe avait été mis à découvert, la deuxième devant servir de témoin, nous avons constaté qu'au premier instant les battements sont tumultueux et irréguliers. Une heure après ralentissement, de soixante huit environ à la minute, dans le témoin, ils descendent à cinquante-six et à cinquante-deux. L'action du glycoside se concentre sur le ventricule, qui semble battre à vide : il est tourmenté et aplati, tandis que les oreillettes sont agitées de mouvements précipités. Il y a en même temps soubresauts des membres supérieurs, accompagnant une respiration fréquente, haletante. Si l'intoxication s'arrête, faute d'une dose suffisante, le cœur revient à ses allures normales trois

heures environ après le début de l'expérience. En ajoutant une nouvelle dose, la respiration devient moins fréquente, le cœur bat plus faiblement; il revêt une forme globuleuse, se réduit de moitié, enfin il prend une position perpendiculaire à la paroi du ventre et a de la peine à se vider. Le mouvement des oreillettes est précipité, celui du ventricule ralenti; la révolution cardiaque n'est plus que de trente à quarante pulsations. La grenouille est devenue pendant ce temps à peu près insensible, elle ne se meut qu'après de fortes excitations; la peau se couvre de matières glaireuses; les sacs pulmonaires se sont fortement distendus; puis le cœur semble reprendre son rythme normal, l'animal paraît revenir à la vie; il respire plus fréquemment et se met sur ses pattes. Mais le retour ne dure pas et l'animal meurt environ deux heures et demie après le début de l'intoxication, dans la résolution la plus complète.

» A l'autopsie, faite immédiatement après la mort, on constate quelques contractions dans l'oreillette gauche, qui contient une certaine quantité de sang : le ventricule exsangue est ramassé sur lui-même. Les deux sacs pulmonaires sont pleins d'air et très congestionnés; hyperhémie du foie avec quelques foyers apoplectiques. Une suffusion abondante existe sur tout le péritoine sous-cutané dans une grenouille dont les sacs pulmonaires étaient normaux. Foyers apoplectiques abondants dans tous les muscles et sous la peau, surtout dans la cuisse où avait été déposée la substance toxique. Cette cuisse était œdématiée; la peau présentait une injection sanguine considérable, avec piqueté hémorrhagique fréquent. Gaine du nerf crural fortement hémorrhagique : caillots larges de 1 à 2^{mm}, rouges.

» L'examen de ces caillots au microscope montre une destruction complète des globules rouges avec suffusion de matière colorante rouge. Ces lésions hémorrhagiques sembleraient donner la raison des symptômes d'anhélation et la diminution des matières extractives dans les urines, observées chez l'homme. Ces phénomènes résulteraient d'une sorte d'arrêt dans l'oxydation des globules du sang.

» Chez l'homme, à l'état physiologique, la globularine, à la dose progressivement croissante de $0^{gr},15$ à $0^{gr},56$ en six jours, agit sur le cœur et sur la tension artérielle, comme le fait la caféine, en diminuant la température de $0^{o},3$ à $0^{o},5$, le pouls de six à huit pulsations, enfin en élevant la tension artérielle aux doses faibles et en l'abaissant aux doses élevées. Il se produit un certain bien-être et une aptitude particulière au travail cérébral, faits qui viennent compléter l'analogie d'action entre la globularine et le principe actif du café. Enfin, l'appétit augmente et des contractions intestinales facilitent les garde-robes. Elle agit donc comme médicament d'épargne, en arrêtant le mouvement de dénutrition pendant les jours d'ingestion et durant les quatre à cinq jours qui suivent son administration. A la dose de $0^{gr},65$, la respiration devient fréquente et profonde; l'anhélation est bien évidente. Le cœur bat profondément et l'angoisse cardiaque est bien accusée; lassitude générale, vertiges, céphalalgie, frisson et froid généraux, douleurs dans les membres; le pouls tombe à soixante-dix et soixante pulsations; la température est à $36^{o},2$. Douze heures après, sentiment de fatigue, mais disparition des accidents, à l'exception des douleurs cardiaques, qui persistent, quoique moins vives. Le lendemain, pouls à cinquante-deux avec intermittences le soir du deuxième jour; il n'existe plus aucun symptôme toxique : bien-être particulier, mais inappétence.

» D'après ces observations, il n'est pas douteux que la réputation de toxicité qui avait fait donner à la globulaire turbith, par les anciens, le nom

de *Frutex terribilis*, doit être entièrement attribuée à l'action de cette globularine.

Résine de globulaire (Globularétine = C^9H^6O).

» C'est le principe purgatif de la plante, mais son action est moindre que la décoction des feuilles de globulaire qui l'ont fournie, ce qui tient sans doute à son association, dans ce dernier cas, à la *mannite*, qui agit synergiquement avec elle. Son action sur l'économie est double : l'une se porte très activement sur le rein (elle est en partie propre à toutes les résines), l'autre sur l'intestin. Dissoute à la faveur des alcalis avant son ingestion, l'action purgative se fait sentir plus rapidement. Les selles sont bilieuses et sans albumine, mais toujours tardives ; rapprochement avec les effets de l'*acide chrysophanique* et de l'*aloïne*.

» Les doses peuvent varier de 0^{gr}, 125 à 1^{gr}, suivant les tempéraments : l'action purgative s'accompagne toujours de coliques et de légers borborygmes. Aux doses un peu élevées, il y a quelquefois des douleurs épigastriques et infra-intestinales avec symptômes de congestion du rectum, mais l'action purgative est alors un peu avancée. L'action sur les reins se traduit par une congestion qui s'accompagne d'une diurèse abondante et surtout d'une *excrétion plus élevée des matériaux solides, qui peut aller au tiers en plus des quantités normales*. L'élimination de l'urine se fait, aux fortes doses, avec des douleurs sourdes et très pénibles du côté du rein.

» La globularétine s'obtient très difficilement pure; malgré les plus grands soins mis à sa préparation, elle est toujours accompagnée d'un principe volatil mal déterminé encore, qui jouit d'une action diurétique et diffusée de réaction. En somme, aux doses convenables, elle est un spoliateur énergique.

» L'action de la *mannite* et de l'*acide cinnamique*, dont nous avons découvert l'existence dans la globulaire, est bien connue; la première vient s'ajouter à celle de la globularétine, la seconde à celle de la globularine, pour les renforcer en tant que purgatif et antipériodique. »

La séance est levée à 5 heures. J. B.

ERRATA.

(Séance du 17 juillet 1882.)

Page 146, ligne 3 en remontant, *au lieu de* 5 pour 100, *lisez* 50 pour 100.